

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA



## TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE SEIS VARIEDADES DE ALFALFA (*Medicago Sativa L.*) EN DOS PISOS ALTITUDINALES EN LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ - CAJAMARCA”**

Para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

**CUBAS LEIVA MAGALI BEATRIZ**

ASESOR

**PhD. LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNANDEZ**

CO – ASESOR

**DR. ROY ROGER FLORIÁN LESCOANO**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2021**

**“EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y COMPORTAMIENTO  
PRODUCTIVO DE SEIS VARIEDADES DE ALFALFA (*Medicago sativa L.*) EN  
DOS PISOS ALTITUDINALES EN LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ -  
CAJAMARCA”**

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Esta tesis se la dedico a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme la fuerza para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

### **A MIS PADRES**

Dedico esta tesis a mis padres Sixto Cubas Mendoza y Lucila Leiva Cruzado, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; por toda la paciencia que me tuvieron y nunca perder la esperanza en mí. Ya que me apoyaron incondicionalmente en lo moral y económico para poder llegar a alcanzar mis anhelos y ser profesional.

### **A MIS HERMANOS Y FAMILIA**

Nayra, Alejandra, Ronal y Jaime. Por estar siempre a mi lado, a ti hermanita mayor por ser quien me motivo a estudiar en la Universidad y ser un gran ejemplo que seguir y por todo tu apoyo. A ti pequeña Ale por toda tu paciencia que me tienes. Y para ustedes hermanos mayores porque siempre confiaron en mí.

A mi familia por el apoyo que me brindaron en el transcurso de mi Carrera Universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a los docentes y autoridades de la Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnista de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, por haberme proporcionado el conocimiento de la profesión, y ser parte de ella; así como, a sus docentes que me proporcionaron sus conocimientos, experiencia y apoyo para seguir adelante día a día.

A mis asesores de tesis el PhD. Luis Asunción Vallejos Fernández, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como, por su entrega para desarrollar este trabajo, y la paciencia suficiente para guiarme durante todo el desarrollo de la Tesis.

Y al Dr. Roy Roger Florián Lescano, quien supo brindarme su apoyo, conocimientos y amistad en todo el proceso de este trabajo de investigación, y en gran parte de mi vida Universitaria.

Y también agradecer al Ing. M.Cs. Álvarez García Wuesley, quien con sus conocimientos colaboró acertadamente para la culminación de esta investigación.

A todos mis amigos y compañeros que me acompañaron en mi vida estudiantil; por el soporte hacia mí para lograr la culminación de mi trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA-----	iii
ÍNDICE GENERAL -----	v
ÍNDICE DE TABLAS-----	viii
ÍNDICE DE FIGURAS-----	ix
RESUMEN -----	x
INTRODUCCIÓN-----	13
CAPITULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN -----	14
1.1. Planteamiento del Problema -----	14
1.2. Formulación del Problema -----	14
1.3. Justificación e Importancia-----	14
CAPITULO II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS-----	16
2.1. Objetivo de la Investigación -----	16
2.1.1. Objetivo General -----	16
2.1.2. Objetivos Específicos -----	16
2.2. Hipótesis de investigación -----	16
2.2.1. Hipótesis Estadística -----	16
CAPITULO III. REVISIÓN DE LITERATURA -----	17
3.1. Antecedentes de Investigación -----	17
3.2. Bases teóricas -----	20
3.2.1. La alfalfa-----	20
3.2.2. Características del cultivo-----	21
3.2.3. Crecimiento y desarrollo del cultivo -----	22
3.2.4. Valor nutricional -----	23

3.2.5.	Persistencia -----	25
3.2.6.	Rendimiento de materia seca y estacionalidad -----	26
3.2.7.	Adaptación -----	26
3.2.8.	Clima -----	27
3.2.9.	Topografía y altitud -----	27
3.2.10.	Particularidades del suelo -----	27
3.3.	Manejo de la alfalfa -----	28
3.3.1.	Efecto de la altura del corte -----	28
3.3.2.	Altura de corte -----	28
3.3.3.	Siembra -----	29
3.3.4.	Época de siembra -----	29
3.3.5.	Preparación del suelo -----	30
3.3.6.	Semilla apropiada -----	30
3.3.7.	Cultivares de la alfalfa -----	30
3.3.8.	Dormancia o receso invernal -----	31
3.3.9.	Utilización -----	32
3.4.	Variedades de alfalfa -----	32
3.4.1.	W- 350 -----	32
3.4.2.	W- 450 -----	33
3.4.3.	SW- 8210 -----	33
3.4.4.	Hortus 401 -----	33
3.4.5.	SW-10 -----	34
CAPITULO IV. MATERIALES Y MÉTODOS -----		35
4.1.	Ubicación -----	35
4.2.	Características fisicoquímicas del suelo -----	35

4.3. Materiales y equipos-----	36
4.4. Metodología-----	37
4.4.1. Diseño experimental -----	37
4.4.2. Variedades de estudio -----	37
4.4.3. Características del campo experimental -----	38
4.4.4. Tamaño de las parcelas -----	38
4.4.5. De las localidades -----	38
4.4.6. Acciones previas al experimento-----	40
4.5. Análisis estadístico-----	41
CAPITULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	43
5.1 Composición química -----	43
5.2 Altura de planta -----	45
5.3 Rendimiento de forraje verde -----	47
5.4 Rendimiento de materia seca -----	49
CAPITULO VI. CONCLUSIONES-----	51
CAPITULO VII. RECOMENDACIONES -----	52
ANEXOS-----	59

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características fisicoquímicas del suelo de la localidad I (2300-2800 msnm), Santa Cruz – Cajamarca. ....	35
Tabla 2. Características fisicoquímicas del suelo de la localidad II (2801-3300msnm), Santa Cruz – Cajamarca. ....	36
Tabla 3. Condiciones climáticas de los dos pisos altitudinales por mes. ....	39
Tabla 4. Composición química de las seis variedades de alfalfa en el piso altitudinal I (BS).....	43
Tabla 5. Composición química en las seis variedades, piso altitudinal II. (BS). ....	44
Tabla 6. Altura de planta por piso altitudinal y Variedad de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca 2019. ....	45
Tabla 7. Rendimiento promedio de forraje verde Kg/ha/año por piso altitudinal y Variedades de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca 2019.....	47
Tabla 8. Rendimiento promedio de Materia seca kg/ha/año, de los dos pisos altitudinales en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca 2019. ....	49
Tabla 9. Análisis de Varianza (ANAVA) para Altura de planta (cm) de seis variedades de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca. ....	59
Tabla 10. Análisis de Varianza (ANAVA) para el Rendimiento de FV/ha/año de seis variedades de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca. ....	59
Tabla 11. Análisis de Varianza (ANAVA) para el Rendimiento de FV/ha/corte de seis variedades de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca.....	59
Tabla 12. Análisis del <b>ANAVA</b> para el Rendimiento de Materia Seca por ha/ año de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca. ....	60
Tabla 13. Análisis del <b>ANAVA</b> para el Rendimiento de Materia Seca por ha/corte de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca. ....	60



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de las unidades experimentales.....	38
--	----

# **Evaluación de la composición química y comportamiento productivo de seis variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en dos pisos altitudinales en la provincia de Santa Cruz – Cajamarca**

<sup>1</sup> Cubas Leiva, Magali Beatriz <sup>2</sup> Luis Asunción Vallejos Fernández <sup>3</sup> Roy Roger Florián Lescano

## **RESUMEN**

En la actualidad se está incorporando nuevas variedades de alfalfa con la finalidad de obtener altos índices de producción, resistencia a enfermedades, uso para pastoreo, así como resistencia a las condiciones climáticas extremas. Por ello, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal evaluar la composición química y el rendimiento productivo de seis variedades de Alfalfa en dos Pisos Altitudinales (PA) en la Cooperativa Agraria “Renacer Andino” de la Provincia de Santa Cruz – Cajamarca.

Se utilizó Diseño en Bloques Completamente Aleatorizados con arreglo factorial (DBCA) con 6 tratamientos, considerando las variedades y tres bloques, en dos localidades, logrando una totalidad de 36 unidades experimentales. Las variedades de alfalfa que se utilizaron fueron: SW-10, W- 450, HORTUS 401, W -350, SW-8210 y STAMINO 5. Cada una de las parcelas tuvo un área de 6 m<sup>2</sup>. El Piso Altitudinal I (PA I) fue a la altitud de 2300 – 2800 msnm y el Piso Altitudinal II (PA II) a una altitud de 2801 – 3300 msnm. Se evaluó la altura de la planta que fue desde 22 cm a 35.50 cm. Se obtuvo que la proteína cruda (PC) se encuentra de 14.57 a 24.50 %, las Cenizas de 7.75 a 13%, el Extracto Etéreo (EE) de 5.45 a 10.58%, la Fibra Cruda (FC) de 10.41 a 19.29%, el Extracto libre de Nitrógeno (ELN) de 32.87 a 41.13% y la Fibra detergente Neutro (FDN) desde 21.3 hasta 32.92%. Para el Rendimiento de forraje se demostró que el PA I logró mejores resultados con una producción de 10241.8 Kg/ha/corte y 61 450.6 kg/ha/año, y para materia seca o biomasa de 1 739.9 Kg/ha/corte y 10 439.4 kg/ha/año respectivamente. Por otro lado, la variedad W-450 tuvo mayor rendimiento promedio de Forraje Verde con 12 126.5 Kg/ha/corte y 56 963 kg/ha/año y por consiguiente para Materia seca con 2 402.3 Kg/ha/corte y 10 483.9 kg/ha/año. Se debe reconocer que todas las variedades tienen un alto

potencial para la producción de forraje en las condiciones de ambos Pisos Altitudinales estudiados.

**Palabras Clave:** Biomasa, Piso Altitudinal, Composición Nutricional, alfalfa.

**Evaluation of the chemical composition and productive behavior of six varieties of alfalfa (*Medicago sativa* L.) at two altitudinal levels in the province of Santa Cruz - Cajamarca.**

<sup>1</sup> Cubas Leiva, Magali Beatriz <sup>2</sup> Luis Asunción Vallejos Fernández <sup>3</sup> Roy Roger Florián Lescano

**ABSTRACT**

New varieties of alfalfa are now being introduced in order to obtain high production rates, disease resistance, grazing use, as well as resistance to extreme climatic conditions. For this reason, the main objective of this research was to evaluate the chemical composition and the productive performance of six varieties of Alfalfa in two Altitudinal Floors (PA) in the Agrarian Cooperative "Renacer Andino" of the Province of Santa Cruz - Cajamarca. We used Completely Randomized Block Design with Factor Array (DBCA) with 6 treatments, considering the varieties and three blocks, in two locations, achieving a total of 36 experimental units. The alfalfa varieties used were: SW-10, W- 450, HORTUS 401, W -350, SW-8210 and STAMINO 5. Each of the plots had an area of 6 m<sup>2</sup>. The Altitudinal Floor I (PA I) was at the altitude of 2300 - 2800 masl and the Altitudinal Floor II (PA II) at an altitude of 2801 - 3300 masl. We evaluated the height of the plant that was from 22 cm to 35.50 cm. We obtained that the crude protein (PC) is 14.57 to 24.50%, the Ashes from 7.75 to 13%, the Ethereal Extract (EE) from 5.45 to 10.58%, the Crude Fiber (FC) from 10.41 to 19.29%, the Nitrogen Free Extract (NIFEX) from 32.87 to 41.13% and Neutral Detergent Fiber (NDF) from 21.3 to 32.92%. For the forage yield it was shown that PA I achieved better results with a production of 10241.8 Kg/ha/cut and 61 450.6 kg/ha/year, and for dry matter or biomass of 1 739.9 Kg/ha/cut and 10 439.4 kg/ha/year respectively. On the other hand, the variety W-450 had higher average yield of Green Fodder with 12 126.5 Kg/ha/cut and 56 963 kg/ha/year and therefore for Dry Matter with 2 402.3 Kg/ha/cut and 10 483.9 kg/ha/year. It should be recognized that all varieties have a high potential for forage production under the conditions of both Altitudinal Floors studied.

Keywords: Biomass, Altitudinal Floor, Nutritional Composition, alfalfa.

## INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una leguminosa forrajera perenne cultivada en todas las regiones del mundo en climas subtropical, templado y seco (Liu *et al.*, 2015); la importancia de la alfalfa se debe a su potencial de producción y valor nutritivo, y a su utilización como forraje verde, heno, ensilado, pellets y otros (Milic *et al.*, 2014; Rojas *et al.*, 2017).

En sus diversas variedades, es una de las especies leguminosas más cultivadas e importantes para la alimentación del ganado y la producción de cuyes y conejos, la cantidad de forraje obtenido por superficie cultivada, como por su valor nutritivo son muy significativas. La planta presenta altos niveles de proteína y minerales, así como gran palatabilidad y alta digestibilidad en un gran número de especies animales.

En la actualidad se viene incorporando nuevas variedades de alfalfas dormantes de última generación, de las cuales se señalan características de alta producción de forraje, de hojas grandes, resistentes a la roya, para ser aprovechadas ya sea por corte o pastoreo; altamente digestibles y palatables y pueden ser utilizados para ensilaje y/o henolaje. Dentro de estas variedades tenemos, W-350 (D3.8), W- 450 (D6), SW- 8210 (D8.5), HORTUS- 401 (D4), SW-10(D-10), Stamino 5(D-4); de las que se señala rendimientos prometedores, con una buena recuperación después del corte, altamente resistente al frío invernal, resistente a plagas y enfermedades.

Las nuevas semillas de alfalfa que se están promocionando son provenientes de Nueva Zelanda. Por tal razón se realiza el trabajo de investigación, empleando dichas variedades, y para lo cual se planteó como objetivo evaluar la composición química y el rendimiento productivo de Alfalfa (*Medicago sativa*) en dos pisos altitudinales en la Provincia de Santa Cruz del Departamento de Cajamarca.

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Planteamiento del Problema

En la crianza de animales domésticos de utilidad al ser humano, se hace uso de una amplia variedad de leguminosas. La alfalfa (*Medicago sativa*) es la leguminosa que con mayor frecuencia se usa en la alimentación de ganado.

En la sierra Norte de Perú, la alfalfa se cultiva hasta por encima de los 3000 m de latitud y constituye uno de los principales forrajes para el consumo del ganado lechero y crianza de cuyes, mejorando la economía y la calidad de los agricultores. Como alternativa nos interesa conocer nuevas variedades que se puedan adaptar a las condiciones climáticas, momento óptimo del corte, valor nutritivo que sean mucho mejor que otras variedades ya estudiadas.

#### 1.2. Formulación del Problema

¿Cuál será el rendimiento productivo y la composición química de seis variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) en 2 pisos altitudinales de la Provincia de Santa Cruz?

#### 1.3. Justificación e Importancia

En el Valle de Cajamarca, el forraje tal como lo es la alfalfa, constituyen el alimento esencial en la crianza de animales menores. Interesados en conocer el comportamiento de nuevas variedades de alfalfa, al mismo tiempo deseamos conocer el valor nutritivo de esta leguminosa, en dos pisos altitudinales (2300-2800, 2800-3300 msnm). las mismas que serán evaluadas en la Cooperativa Agraria “Renacer Andino” de la Provincia de Santa Cruz – Cajamarca.

En general, se tiene información de que las leguminosas tal es el caso de la alfalfa (*Medicago sativa*), posee un mayor contenido de proteína que las gramíneas.

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad la contribución al conocimiento de nuevas variedades de alfalfa de última generación, para usarlas en la alimentación de los animales.

## CAPITULO II

### OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 2.1. Objetivo de la Investigación

##### 2.1.1. Objetivo General

- ❖ Evaluar la composición química y el rendimiento productivo de Alfalfa (*Medicago sativa*) en dos pisos altitudinales en la Cooperativa Agraria “Renacer Andino” de la Provincia de Santa Cruz – Cajamarca.

##### 2.1.2. Objetivos Específicos

- ❖ Determinar la composición química de seis variedades de alfalfa.
- ❖ Comparar el rendimiento productivo de seis variedades de alfalfa (en fresco y en materia seca).

#### 2.2. Hipótesis de investigación

Las seis variedades de alfalfa en estudio tienen un comportamiento diferente en cada piso altitudinal

##### 2.2.1. Hipótesis Estadística

###### **Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):**

Las seis variedades de alfalfa en los dos pisos altitudinales tienen similar composición química y rendimiento productivo.

###### **Hipótesis Alternativa (H<sub>a</sub>):**

Al menos una de las seis variedades de alfalfa en los dos pisos altitudinales tiene diferente composición química y rendimiento productivo.



## CAPITULO III

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. Antecedentes de Investigación

El cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en la Región de Cajamarca se extiende a lo largo de toda la región, pero en la actualidad se disponen de nuevos genotipos que necesitan ser evaluados para su uso y adaptación en diferentes localidades encontrándose evidencias de estudios que explican las cualidades productivas de este cultivo. Por ello, es necesario que estos genotipos (variedades) sean evaluados en diferentes pisos altitudinales bajo diferentes condiciones climatológicas.

En este sentido, Saldaña (2019) evaluó el rendimiento y composición química de cuatro variedades de alfalfa (Cuf 101, Moapa, Beacon y California-55), en el Distrito de Baños del Inca, Provincia de Cajamarca, en la cual evaluó su rendimiento (kg MS/Ha), altura de planta y la composición química. Los resultados muestran que la composición química en promedio para las cuatro variedades fue de 21 % de Materia Seca (MS), 20.14 % de Proteína Cruda (PC), 2.71 Mcal de Energía Metabolizable (EM), 6.02 % de fibra cruda y 50.57 % de fibra detergente neutro (FDN). La altura promedio de planta en los tres cortes por variedad de alfalfa fue de 70.11, 76.33, 75.89 y 81.67 cm para Cuf 101, Moapa, Beacon y California 55, respectivamente apreciándose una diferencia entre variedades ( $p < 0.05$ ); la producción de materia seca (Kg/m<sup>2</sup>) fue de 0.356, 0.355, 0.369 y 0.415 para Cuf 101, Moapa, Beacon y California 55 respectivamente, apreciándose diferencias entre variedades ( $p < 0.05$ ). Se concluye que las cuatro variedades de alfalfa tuvieron un buen rendimiento, altura adecuada y buen aporte nutricional.

Asimismo, Vargas (2008) evaluó siete variedades de alfalfa durante cuatro cortes en la zona de Yatún, de la provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca. En la misma que no se encontró diferencias para materia seca (MS) que en promedio fue del 20%, sin embargo, se notaron diferencias ( $p < 0$

05) para PC, Cenizas, Extracto Etéreo (EE), fibra cruda (FC) y FDN. Se observó que, para el corte de instalación, sobresalen los genotipos California 55 (9.400 t/ha/corte o 0.940 kg/m<sup>2</sup>), Alabama 550 (8.675 t/ha/corte o 0.867 kg/m<sup>2</sup>); con respecto a los genotipos, Alabama 350 (6.375 t/ha/), Moapa (8.275 t/ha/corte), CUF 101 (7.3 t/ha/corte), Monsefú (6.875 t/ha corte), Pallasquina (7.45 t/ha/corte). Por otro lado, Hoyos (2007) en un trabajo de tesis en la misma localidad, encontró que los rendimientos de forraje verde en el primer corte sobresalen los genotipos california 55 (7.891 t/ha) y Alabama 550 (7.575 t/ha), seguidas por Alabama 350 (6.375 t/ha), Moapa (6.320 t/ha), Monsefú (5.875 t/ha), Pallasquina y Cuf 101 (5.250 t/ha). En el segundo corte el mayor rendimiento lo tuvo California 55 (9.338 t/ha), seguida de Alabama 550 (8.663 t/ha), Alabama 350 (8.250 t/ha), Monsefú (8.071 t/ha), Moapa (7.438tm/ha), Cuf 101 (7.3 t/ha) y Pallasquina (6.563 t/ha). En cuanto a la altura de planta de Alabama 350, Alabama 550, Moapa, CUF 101, California 55, Monsefú y Pallasquina (testigo) fue 50.65, 52.34, 57.84, 57.64, 57.61, 56.25, 62.08 cm, respectivamente, no encontrándose diferencias significativas entre variedades.

Tingal (2015), en su trabajo de tesis menciona que la composición química en promedio para cinco variedades fue de 21.79% de proteína, 17.9 % de fibra, 46.47% ELN, 8.75% de cenizas y 20.33 % de materia seca. La altura promedio de la planta a los 50 días del corte anterior, REBOUND (31.4 cm), WL-625-HQ (47.4 cm), ALFALFA 440 (44.8 cm), WL-350-HQ (29.5 cm) y WL-330-HO (41.33 cm); la variedad WL-625-HQ es la que superó a las demás variedades (REBOUND, WL625-HQ, ALFALFA 440, WL-350-HQ y WL-330HQ). Además, expresa que el rendimiento de forraje verde y materia seca no se encontró diferencia significativa para las comparaciones de alfalfa de mayor dormancia con la otras de menor dormancia por lo que el factor dormancia, no produjo ningún efecto en el rendimiento de forraje verde, situación que permite inferir que todas las variedades son una potencial alternativa de utilización para la provincia de Cajamarca.

Rebora *et al.* (2015), mencionan que las características del ambiente en el que se implantará el alfalfar condicionan el comportamiento productivo de una misma especie. En el mismo sentido, Ventroni *et al.* (2010) sostienen que la temperatura y la humedad en el suelo son los principales factores climáticos que influyen en la densidad y el peso de tallos; cuando estos son favorables, existe una constante producción de tallos, dando como resultado una producción mayor de biomasa en la pradera. Asimismo, Hernández-Garay *et al.* (1992) señalaron que existe una relación inversa entre la densidad de tallos y la producción de materia seca: el número mayor de tallos resulta en rendimiento menor de forraje, posiblemente por el bajo peso individual en cada uno de ellos. Por otro lado, Mortenson *et al.* (2005), han establecido que el aumento del tiempo de establecimiento en una pradera de alfalfa estabiliza la cobertura y densidad de plantas; pero, en determinado tiempo disminuye, lo que depende de la variedad y el sitio.

En tal sentido, Victoria (2017) evaluó el rendimiento de 5 variedades de alfalfa, donde incluyeron rendimiento de forraje, relación hoja: tallo, peso por tallo, población de tallos por m<sup>2</sup>, población de plantas por m<sup>2</sup> y composición botánica y morfológica; en el mismo que demuestra que las temperaturas mayores favorecen al mejor desarrollo de la alfalfa, además que el peso del tallo no se ve influenciado por la variedad de la alfalfa y que la densidad de plantas disminuye con el tiempo en todas las variedades. Además, se indica la capacidad de la *Medicago Sativa L.* para establecerse se basan en la fácil adaptación y está dada por la disponibilidad de yemas (tejido meristemático activo), la reserva y movilización de carbohidratos solubles, que favorecen el proceso de fotosíntesis y, por tanto, el crecimiento de nuevos tallos, hojas, rebrotes y ramas primarias (Capacho-mogoll, 2018).

Urbano y Dávila (2003), estudiaron la composición química de 11 variedades de alfalfa donde el rendimiento de materia seca mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos para el primer año, siendo el valor promedio de 17080 kg MS/ha/año. En la altura se encontró diferencias

( $p < 0,05$ ) entre las variedades, con un promedio de 66 cm. Además, se encontró diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) para las variables contenido de proteína cruda y fósforo, con valores de 21.09 a 24.02% y de 0.31 a 0.46% para proteína y fósforo respectivamente. Bajo las condiciones de estudio los once cultivares presentaron un comportamiento productivo similar, siendo las variedades WL-516 y Lanfagene las que respondieron con rendimiento cercano a 20 t MS/ha, para el primer año.

Finalmente, Caballero (1976) analizó la composición química de múltiples variedades de alfalfa y expresa una baja influencia y que, en consecuencia, son otros factores, tales como madurez de la planta, fertilización, cortes, etc., los que principalmente hacen variar los parámetros evaluados.

### **3.2. Bases teóricas**

#### **3.2.1. La alfalfa**

Salamanca (1990), manifiesta que la alfalfa es nativa del sureste de Asia, de una región comprendida entre Mesopotamia, Persia y Siberia. Luego, fue llevada a Grecia por los persas en el año 490 a. c. Llevada a Italia en el año 146 a. c. De Italia se extendió a otros países europeos, entre ellos España. Y fueron quienes se encargaron de traerla a América. En la actualidad, en el Perú, el cultivo de alfalfa se ha constituido como uno de los más importantes, para su aprovechamiento integral y sociocultural.

Por sus características fisiológicas la alfalfa es más resistente a sequías y heladas en comparación a otras especies forrajeras, y posee una buena respuesta productiva a distintas texturas de suelos. La alfalfa se ha adaptado a las condiciones medioambientales y de suelo a más de 3000 msnm, y se constituye como uno de los principales forrajes para el consumo de cuyes y ganado lechero, mejorando la economía y la calidad de vida de los agricultores. (MINAGRI, 2009).

### 3.2.2. Características del cultivo

La alfalfa (*Medicago sativa* L.), es una especie forrajera que se caracteriza por su alto valor nutritivo, altos rendimientos de MS/ha. y su gran adaptabilidad a diversas condiciones ambientales, Por otro lado, su capacidad para la fijación del Nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis con las bacterias del género *Rhizobium meliloti* la convierten también en un importante componente de la sustentabilidad de los sistemas productivos (Calvo, 2004).

#### 3.2.2.1. Clasificación taxonómica

- Reino : Plantae
- División : Magnoliophyta
- Clase : Magnoliophyta
- Orden : Fabales
- Familia : Fabaceae
- Sub - Familia: Faboideae
- Género : *Medicago*
- Especie : *Medicago sativa* L.

Fuente: Solano, (2006).

#### 3.2.2.2. Morfología de la planta

León (2003), manifiesta que la alfalfa es una planta herbácea que alcanza hasta 100 cm, su sistema radicular es bien definido. Es la reina de las plantas forrajeras, con un excelente desarrollo vegetativo, es una planta perenne, vivaz y de porte erecto.

#### **a. Raíz**

La raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada (hasta 5m de longitud) con numerosas raíces secundarias, posee una corona que sale del terreno, de lo cual emergen los brotes que dan lugar a los tallos (Argote, 2004).

#### **b. Tallo**

Son delgados y erectos para soportar el peso de las hojas y de las inflorescencias (Argote, 2004).

#### **c. Hojas**

Son trifoliadas, aunque las primeras hojas verdaderas son unifoliadas, los márgenes son lisos y con bordes superiores ligeramente dentados (Argote, 2004).

#### **d. Flor**

Las flores de la alfalfa nacen en racimos oblongos multifloros (8-10 flores por racimo), sobre pedúnculo no aristado, con colores vistosos que suele variar del amarillo al violeta (Alarcón y Cervantes, 2012).

#### **e. Fruto**

Es una legumbre indehiscente sin espinas que contiene entre 2 a 6 semillas amarillentas, arriñonadas y de 1.5 a 2.5 mm. de longitud (INFOAGRO, 2004), 1000 semillas pueden pesar 2.1 a 2.5 g (Choque, 2002).

### **3.2.3. Crecimiento y desarrollo del cultivo**

El crecimiento de follaje después de su emergencia es lento, ya que posee raíces pivotantes robusta, tiene un rápido desarrollo inicial y puede alcanzar de 25 a 30cm, tallo erecto hasta los 60-90 cm para soportar el peso de las

hojas y de la inflorescencia, hojas trifoliadas, flores de color azul o púrpura, con inflorescencias en racimos (Farfán y Farfán 2012).

El cultivo de la alfalfa tiene algunas ventajas comparativas con el resto de las forrajeras, tales como: Gran adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos, perennes y su vida productiva puede llegar a los 10 años, y tiene alto contenido de proteína y mejora la alimentación del ganado.

#### **3.2.4. Valor nutricional**

El contenido de proteína bruta oscila entre 25 y 21%, según la edad del rebrote y la fertilidad del suelo, es decir a mayor contenido de nitrógeno en el suelo, mayor contenido proteico del forraje y, por lo tanto, mayor respuesta animal.

La alfalfa es uno de los cultivos más valiosos para la alimentación del ganado, tanto en pastoreo directo como en las distintas formas en que su forraje puede ser conservado. El valor de la alfalfa radica en su alto potencial de producción de materia seca, alta concentración de proteína, alta digestibilidad y un elevado potencial de consumo animal. A esto debe sumarse su alto contenido de vitaminas A, E y K o sus precursores, y de la mayoría de los minerales requeridos por el ganado productor de leche y carne, en especial calcio, potasio, magnesio y fósforo (Soto, 2000).

##### **a) Proteína cruda**

La proteína es un nutriente clave a considerar en la formulación de las dietas para animales. Normalmente, la alfalfa mantiene un rango del 17 al 26 por ciento de proteína cruda en base a su contenido de materia seca, por lo que se considera una fuente importante de proteína cruda para el ganado; sin embargo, la cantidad de proteína cruda digerida en el rumen de la alfalfa es demasiado alta, y puede ser un problema debido a la excreción urinaria de nitrógeno ureico, hecho que es una preocupación ambiental. La proteína de la alfalfa es expresada como proteína cruda, y se calcula como el porcentaje

de nitrógeno por 6.25 lo que refleja el contenido de nitrógeno promedio de proteína de la alfalfa; misma que por sí sola es insuficiente para predecir el rendimiento de los animales, por lo que las mediciones de la proteína cruda digestible en el rumen son útiles para evaluar el valor nutricional de la misma (Robinson *et al.*, 2007).

### **b) Fibra (FDN)**

La fibra detergente ácido (FDA) es una sub-fracción de la FDN, que incluye el contenido de celulosa, lignina y cutina, esta es la fracción más lentamente digestibles e indigestible de la pared celular; lo cual FDA se define como el residuo después de 1 hora de ebullición con una solución de detergente ácido (Robinson, *et al.*, 2007) como FDA es un sub-fracción de FDN, la concentración de FDA es siempre menor, de entre 22 y 37 por ciento de la MS en heno de alfalfa. La lignina es una parte de la FDN y FDA esencialmente indigestible, que a menudo bloquea la digestión de la hemicelulosa y celulosa a la que está ligada químicamente (Robinson *et al.*, 2007).

### **c) Grasa**

El contenido de grasa de las plantas de alfalfa es principalmente en la porción de la membrana celular de la célula y es normalmente bajo, con un promedio de 1.5 por ciento de la MS como extracto etéreo (EE) en el heno de alfalfa. Sin embargo, (EE) rara vez se mide en heno de alfalfa porque hay poca presencia de triglicéridos, y con el disolvente orgánico (por ejemplo, éter de petróleo o éter dietílico) también se miden extractos de clorofila, ceras, aceites volátiles y resinas, que no son contenido de energía (Robinson *et al.*, 2007).



#### **d) Minerales**

El contenido mineral de la alfalfa se determina por una medida de cenizas y puede ser alta, que van desde 6 a 15 por ciento de la MS del tejido de la planta. Ceniza es una medida total de minerales inorgánicos en el forraje, así como la contaminación del suelo. Las cenizas pueden contener minerales a partir de compuestos orgánicos, por ejemplo, P a partir del ácido fítico. Minerales específicos, como P, K, S, Mg, Ca, S, Se y Mn, a menudo se miden por separado, al igual que los micronutrientes Mo, Se y Mn (Robinson *et al.*, 2007).

#### **3.2.5. Persistencia**

El porcentaje de las plantas que sobreviven luego de varios años de cultivo de alfalfa. Es una característica íntimamente ligada a la constitución genética de cada cultivar al comportamiento frente a las principales enfermedades, al tipo de crecimiento o tipo de corona, y es también dependiente del manejo de pastoreo (Takasaki, 1976). Es notable la mejora que existe en la actualidad respecto a los cultivares de hace 10 o 15 años en la persistencia.

Cada variedad de alfalfa representa una combinación específica de caracteres genéticos, cuyo potencial productivo se expresa de manera diferente, según las condiciones ambientales en las que se cultiva cada una de ellas. No existe una mejor variedad para todas las condiciones productivas, la elección acertada de alguna variedad depende de combinaciones de condiciones climáticas, edáficas, prácticas de manejo y la forma de aprovechamiento de la pastura, ya sea corte o pastoreo (Salinas, 2005). Entre otras, siendo algunos de los criterios de selección para la explotación, la persistencia de la alfalfa, su resistencia a plagas y enfermedades y el rendimiento de forraje por corte y anual (Perdomo, 2008).

### **3.2.6. Rendimiento de materia seca y estacionalidad**

La producción promedio es de 2000 a 3000 kg de materia seca por hectárea y por corte, dependiendo de la fertilidad del suelo y las precipitaciones, pudiéndose hacer hasta 7 cortes cuando las condiciones son favorables. Menciona también que el periodo más crítico es la dormancia de invierno y el crecimiento de primavera está determinado por las reservas acumuladas durante el otoño anterior (Soto, 2000).

### **3.2.7. Adaptación**

Argote (2004), menciona que la alfalfa es una especie que se adapta a una gran diversidad de climas en nuestro país se adapta muy bien, así también a las condiciones de la sierra desde 3000 hasta 4400 m.s.n.m. Una de las variedades más resistentes a bajas temperaturas, periodo de sequía prolongadas por un mes afectan severamente su producción y que desde ese punto de vista en la zona con precipitaciones menores de 650 mm. por año no son confiables para su cultivo.

El cultivo de alfalfa se adapta desde un clima cálido seco hasta el templado y frío, es decir, desde el nivel del mar hasta 3000 msnm. La mejor altura esta entre los 1.500 y 2.500 msnm. Se considera que son suficientes 900 mm, anuales de lluvia bien repartida. Es sensible al exceso de humedad.

La alfalfa tiene una notable adaptabilidad a diversas clases de suelos, sin embargo, para un buen desarrollo de la planta es indispensable suelos.

profundos, con subsuelos permeables, y bien drenados. La alfalfa necesita suelos con 2 – 3% de Ca; requiere también P y K.

Se adapta a suelos profundos, bien drenados, alcalinos y tolera la salinidad moderada; sin embargo, su desarrollo es limitado en pH inferior a 5.0. La acidez provoca que no sobreviva y se multiplique el *Rhizobium meliloti* específico y no soporta el encharcamiento, por lo que se considera una especie muy sensible a la acidez del suelo (León, 2003).

### **3.2.8. Clima**

Becker (2011), indica que la temperatura óptima para la germinación de la semilla de alfalfa es 18°C a 25°C La temperatura media anual para la producción de la alfalfa está en torno a los 15° C. Siendo el rango óptimo de temperaturas, según las variedades de 18-28° C, con un mínimo de días nublados y frescos. Días largos con un mínimo de 12 horas de luz. Por otro lado, Argote (2004) menciona que la alfalfa, especialmente algunas variedades, tolera sin dificultad temperaturas tan bajas como los 10° C bajo cero. Con temperatura medias anuales de alrededor de 15° C, la producción forrajera es ya importante. El óptimo se sitúa, según las variedades, en el intervalo entre 18° y 28° C, la semilla de alfalfa comienza a germinar a temperaturas de 2° a 3° C, siempre que los restantes factores (humedad, fertilizantes, etc.) no actúen como limitantes. La germinación es más rápida cuanto más alta sea la temperatura, hasta alcanzar un óptimo aproximadamente a los 28°-30° C.

### **3.2.9. Topografía y altitud**

Es ideal de adaptarse bajo las condiciones de un terreno plano o ligeramente inclinado, debido a que estos pastos necesitan riego para mostrar su máximo potencial de producción, terrenos escarpados necesitan de un trabajo de movimiento de tierras para allanar y facilitar la distribución del agua de riego.

Con relación a la altitud, es necesario indicar que está probado que es factible instalar satisfactoriamente la alfalfa en condiciones de valles interandinos y altiplano (hasta los 3900 msnm) sin mayores contratiempos, siempre y cuando se cuente con semillas que tengan un valor de dormancia 4 ó valores cercanos a éste (Farfán y Farfán, 2012).

### **3.2.10. Particularidades del suelo**

Aunque los cultivares de alfalfa no son muy exigentes en las cualidades del suelo, sin embargo, se deben tomar algunas precauciones: buscar suelos profundos igual o mayor a 80 cm, siendo ideal más de 1m, deben ser bien

drenados, debido a que las alfalfas poseen raíces pivotantes y profundas y cuando la capa freática se encuentra muy superficial se corre el peligro de someter a las raíces a la asfixia, con el consiguiente marchitamiento de la planta.

La acidez del suelo es un factor determinante en una buena instalación de alfalfa, se prefiere valores de pH por encima de 5.8 cuando existen valores de pH menores al valor señalado, existe la presencia del ion aluminio ( $Al^{+3}$ ) y otros, que bloquean y causan precipitados del nutriente fósforo. Por su efecto tóxico el aluminio afecta el crecimiento de las raíces de la planta. (Farfán y Farfán, 2012).

La alfalfa es sensible a la salinidad en algunos casos, cuyos síntomas comienzan con la palidez de algunos tejidos, la disminución del tamaño de las hojas y finalmente la parada vegetativa con el consiguiente achaparrado. El incremento de la salinidad induce desequilibrios entre la raíz y la parte aérea (INFOAGRO, 2004).

### **3.3. Manejo de la alfalfa**

#### **3.3.1. Efecto de la altura del corte**

El momento óptimo de corte a lo largo de la temporada de crecimiento se produce con una frecuencia variable, debido a la variación climática producto de la interacción de la temperatura disponible hídrica (Smith, 1969). El corte realizado en una fase temprana de desarrollo afecta la persistencia de la alfalfa. Además, los cortes muy frecuentes reducen el tamaño y vigor de los nuevos brotes (Muslera y Ratera, 1984).

#### **3.3.2. Altura de corte**

Es la distancia de corte de la alfalfa a partir del nivel del suelo. El rebrote no depende solamente de las reservas de carbohidratos de la raíz sino también de la parte aérea residual, la alfalfa cortada alta deja en la planta tallos ramificados e yemas que permiten el rebrote continuado, la altura de corte

resulta un factor crítico si se corta frecuentemente en estados tempranos de crecimiento, pues implica una reducción en el rendimiento y una disminución de la densidad de plantas del alfalfar a causa de las insuficientes reservas acumuladas en los órganos de almacenamiento, la máxima producción se obtiene con menores alturas de corte y cortadas a intervalos largos (Growing, 2013).

La altura de corte puede afectar el rendimiento, pero no la persistencia de la alfalfa si el mismo se efectúa con la frecuencia adecuada. Altos rendimientos generalmente están asociados con cortes realizados 6 a 10 cm del nivel suelo. Un remanente alto sería necesario con cortes muy frecuentes que no permiten a la planta recuperar las reservas necesarias para iniciar el crecimiento siguiente (Romero, 1995).

### **3.3.3. Siembra**

Duarte (2007), expresa que la profundidad de siembra de alfalfa es el gran problema para resolver a campo, porque desde que la semilla germina decrecen sus reservas hasta que la planta forma hojas verdes y se independiza de ellas. Eso hace que en todas las plántulas exista un periodo crítico en el cual las reservas son bajas y el área fotosintetizante no es suficiente. Cualquier adversidad puede provocar pérdidas importantes. Por eso es necesario acortar al máximo esa etapa. Y como el tamaño de la semilla y el tipo de suelo interactúan con la profundidad, la mejor eficacia de la implantación se logra en los suelos livianos y con semillas grandes. Según (Clementeviven, 2010) la profundidad de siembra depende del tipo de suelo, en terrenos pesados se realizará entre 1 a 1.25 centímetros, pudiendo llegar hasta los 2.5 centímetros en terrenos ligeros o arenosos.

### **3.3.4. Época de siembra**

En regiones cálidas y praderas de secano la siembra se realizará en otoño, pues el riesgo de heladas tempranas es muy reducido; además la planta desarrolla su sistema radicular, almacena las reservas y a partir de la

primavera siguiente la explotación está en un nivel alto de producción. Se aconsejan las siembras primaverales en zonas frías de secano. En cultivos de regadío la siembra se realizará en primavera, aun teniendo en cuenta que su mayor inconveniente es la presencia de malas hierbas.

Las fechas de siembra están acondicionadas por la alternancia de los cultivos que se sigue en la explotación. Son setiembre y octubre, por condiciones de temperatura que permite un desarrollo más rápido de la alfalfa y una mejor competencia con las especies residentes (Torres y Parga, 1992).

### **3.3.5. Preparación del suelo**

La preparación del terreno se realiza al final de la época de lluvias (abril), cuando hay humedad suficiente en el suelo, que facilitará el trabajo de la maquinaria agrícola, además con la humedad remanente en el suelo habrá un rebrote de las malas hierbas que perecerán con la llegada de las heladas y falta de agua durante el invierno. También, se puede realizar esta labor con la caída de las primeras lluvias (octubre- noviembre) (Farfán y Farfán, 2012).

### **3.3.6. Semilla apropiada**

La semilla en realidad es un fruto maduro seco, cuya función es originar una nueva planta. Representa el medio de supervivencia y diseminación de la mayoría de las plantas superiores.

### **3.3.7. Cultivares de la alfalfa**

Un cultivar de alfalfa se caracteriza por ser una unidad que posee un elevado potencial de rendimiento y adecuada estabilidad al sembrarse en diferentes ambientes (Águila, 1997). Según el punto de vista de la actividad estacional, se ha desarrollado dos grupos de cultivares de alfalfa: con dormancia y sin dormancia invernal.

Algunas características agronómicas como el alto crecimiento (erecto o rastrero), la precocidad, la resistencia al frío y la sequía, capacidad de rebrote

y tolerancia o resistencia a enfermedades son muy importantes para la elección del cultivar (Romero, 1987).

### **3.3.8. Dormancia o receso invernal**

Es la capacidad que poseen algunas especies de plantas al permanecer vivas y sin crecimiento durante períodos de tiempo cuando las condiciones para su crecimiento son desfavorables, (estrés hídrico, frío excesivo y alteraciones patológicas), condición que mantienen hasta que los factores que propiciaron la dormancia se modifiquen. A esa condición varietal se le denomina latencia o dormancia invernales, característica que, para la alfalfa hasta hace unos pocos años se le clasificaba en seis grados, pero que después y ante el mayor número de variedades obtenidas se le clasifica actualmente en once grados (G1-G11) asignando a las variedades con el mayor tiempo de dormancia con el grado uno (G1) y a las variedades que no poseen dormancia con el grado once (G11). Según: Torres La Jara (2007).

#### **Dormancia, Latencia y Letargo**

Existe una escala de 1 a 11 para medir la dormancia de los pastos. Donde 1 representa dormancia alta y 11 sin dormancia.

Un pasto con dormancia alta posee mayor resistencia al frío, pero su velocidad de rebrote es menor. Un pasto con dormancia moderada posee moderada resistencia al frío y moderada velocidad de rebrote. Pasto sin dormancia, resiste menos al frío, pero su velocidad de rebrote es mayor (Farfán y Farfán, 2012).

#### **Grado de reposo invernal**

Inicialmente se conocía como reposo invernal o latencia, a la característica genética de la alfalfa de permanecer en estado latente, para sobrevivir el rigor de invierno. Luego, se vio que también influía el fotoperiodo, es decir la longitud del día (Farfán y Farfán, 2012).

### **3.3.9. Utilización**

La mejor manera de utilizar esta pastura es a través del pastoreo, henificación o ensilado. El corte se lo debe realizar cuando alcanzan un 10% de floración; en la henificación se debe tener cuidado en el secado, con volteos diarios para evitar su pudrición y el ataque de hongos (Farfán y Farfán, 2012).

El Ministerio de Agricultura; menciona que el uso de la alfalfa en el Perú es de preferencia para la producción de leche y animales menores.

La explotación de este cultivo ha sido motivada por la necesidad de contar con una especie forrajera capaz de suministrar un forraje de calidad y cantidad suficiente para satisfacer los requerimientos animales, especialmente en los productores de leche.

## **3.4. Variedades de alfalfa**

### **3.4.1. W- 350**

Llamada como variedad sintética o alfalfa dormante, es una variedad con dormancia 3.8 de excelente resultado debido a su alta resistencia al frío y nieve; cuando las condiciones son desfavorables pueden permanecer en el terreno en descanso hasta por 3 meses, de procedencia de Estados Unidos, se adapta de 2,500m.s.n.m. hasta los 4,200 msnm, su instalación puede adaptarse para pastoreo, ensilaje y corte, su duración en pradera es de 5 a 8 años, según el manejo y fertilización. La producción de forraje es de 6 corte/año en zonas bajas con riego, de 3 a 4 cortes al año en seco, es una variedad de crecimiento erecto, de rápida recuperación, con 27% de proteína, presentan mayor número de hojas por tallo de color verde intenso con respecto a las otras variedades (Alabama S.A., 2007).



#### **3.4.2. W- 450**

Variedad semi – Dormante (dormancia= 6) de reciente liberación al mercado que se caracteriza por tener altos rendimientos y una superior calidad alimenticia. En sistemas de manejo da de 5 a 7 cortes al año. Producción de forraje verde esta entre 24 a 28 TM/F. V/Ha/año. Su valor nutritivo es de 22% de proteína y digestibilidad 75%. Variedad de gran tolerancia a periodos secos de hasta 4 meses, hojas palatables y en gran cantidad, tallos llenos y menos caída de hojas. Tiene alta resistencia a los principales insectos, nematodos y enfermedades del cultivo de alfalfa lo que asegura altos rendimientos y larga persistencia bajo un amplio rango de tipos de suelo y de condiciones de clima y manejo (Caritas del Perú, 2012).

#### **3.4.3. SW- 8210**

Es una variedad de última generación. Tiene dormancia 8.5, especial para ganadería lechera, con 24 - 27% de proteína, de crecimiento rápido y raíces fuertes de procedencia americana. Su adaptación hasta los 3,500 m.s.n.m. su densidad de siembra es de 25 Kg. /Ha, se puede usar en el pastoreo, heno, ensilaje, etc. El intervalo de corte de 40 a 50 días, la duración en el campo es de 4 a 6 años, dependiendo de su manejo y fertilización de mantenimiento. La producción de forraje de 8 a 11 cortes/año/Ha. Su capacidad de carga es de 3 a 4 animales por hectárea, fertilizar después de cada pastoreo o corte. Es una variedad muy resistente a pulgones, *Phytophthora*, *fusarium*, *verticilium* y nemátodos de la raíz (Alabama S.A., 2010).

#### **3.4.4. Hortus 401**

Nueva variedad de procedencia de Estados Unidos posee una dormancia de 4, recomendada para zonas de sierra alta donde se siembran este tipo de alfalfas. Excelente tolerancia al frío invernal. Alta productividad durante las épocas de primavera y verano. Llega a crecer entre 2cm por día, altamente productiva y resistente a plagas y enfermedades. Apta para sistemas de

aprovechamiento intensivos, la cosecha tiene que ser ni a bien aparecen las primeras flores para así promover su rápido rebrote, y poder así tener el mejor forraje de calidad (Hortus, 2019).

#### **3.4.5. SW-10**

Es una leguminosa multifoliada de alta producción, muy precoz, rápida recuperación después del corte, excelente rendimiento y persistencia. Tolerante a suelos salinos, se adapta hasta los 3400 msnm Con un grado de dormancia de (10) y una densidad de siembra de 25 kg/ha, en cuanto al establecimiento después de los 90 días tiene intervalos de corte de 30- 45 días, Resistentes a enfermedades y plagas. Tiene una duración en pradera de 2 a 3 años con 10 a 11 cortes al año, conteniendo 24 a 27 % de proteína. (Alabama S.A., 2010).

## CAPITULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en el ámbito de acción de la Cooperativa Agraria "Renacer Andino en dos pisos altitudinales (PA) de la Provincia de Santa Cruz – Cajamarca, Perú (Latitud 06°48'00" "S", Longitud 78°48'00" "W"), el Piso altitudinal I ubicado en un rango de 2300-2800 msnm, y PA II ubicado entre 2801-3300 msnm. El estudio se realizó desde febrero de 2018 a marzo de 2019.

**Datos meteorológicos:** El piso altitudinal I (PA I) presenta una temperatura promedio de 16°C y una precipitación anual de 878 mm, en cambio el Piso Altitudinal II (PA II), tiene una temperatura promedio de 11.8 °C y una precipitación pluvial de 795 mm según la Estación Meteorológica Minera La Zanja, Cajamarca (2019).

#### 4.2. Características fisicoquímicas del suelo

Tabla 1. Características fisicoquímicas del suelo de la localidad I (2300-2800 msnm), Santa Cruz – Cajamarca.

Fecha	pH (1:1)	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	Al <sup>3+</sup> +H <sup>+</sup> Meq/100
Feb 2018	4.86	3.86	0.32	1.0	1062	0.20
Abril 2019	4.3	3.22		15.74	195	0.15

Fuente: Laboratorio de Servicios de Suelos, Aguas Abonos y Pastos INIA- Cajamarca, 2019.

En la tabla N°1 se muestra resultados de análisis de suelos de antes y después del experimento. En la cual la recomendación de abonamiento fue a siguiente 2.5 t/ha de cal 550 kg guano de isla/ha y 80 kg superfosfato triple/ha. En la cual no hubo efecto de la cal para el aumento Ph al término del experimento.

Tabla 2. Características fisicoquímicas del suelo de la localidad II (2801-3300msnm), Santa Cruz – Cajamarca.

<b>Fecha</b>	<b>pH (1:1)</b>	<b>M.O. %</b>	<b>N %</b>	<b>P ppm</b>	<b>K ppm</b>	<b>Al<sup>3+</sup>+H<sup>+</sup> Meq/100</b>
Feb 2018	4.65	7.59	0.50	0.8	244	13.85
Abril2019	4.2	5.21		15.63	190	0.30

Fuente: Laboratorio de Servicios de Suelos, Aguas Abonos y Pastos INIA- Cajamarca, 2019.

En la tabla N°2 se muestra resultados de análisis de suelos de antes y después del experimento. En la cual la recomendación de abonamiento fue a siguiente 2.5 t/ha de cal, 350 kg guano de isla/ha y 80 kg/ha de superfosfato triple/ha. En la cual no hubo efecto de la cal para el aumento Ph al término del experimento.

#### **4.3. Materiales y equipos**

##### **a. Material biológico**

Se utilizaron seis variedades de alfalfa provenientes de Nueva Zelanda: Stamino 5 (D -4), W- 350 (D-4), W-450 (D-6), SW- 10 (D -10), SW-8210 (D-8.5) y Hortus 401 (D-4).

##### **b. Equipos**

- Cuadrante (0.3m x 0.3m)
- Regla centimetrada
- Wincha
- Cámara fotográfica
- Botas
- Etiquetas
- GPS
- Balanza de campo

#### c. Herramientas

- Hoces

#### d. Materiales de laboratorio

- Balanza analítica
- Vasos de precipitación
- Estufa
- Molino
- Crisoles
- Digestor de proteína
- Mufla

#### e. Materiales de escritorio

- Libreta de campo
- Papel bond, lápiz y lapiceros
- Computadora y calculadora
- CDS Y USB
- Literatura (libros, folletos, revistas, etc.)

### **4.4. Metodología**

#### **4.4.1. Diseño experimental**

Los tratamientos de esta investigación se realizaron mediante un diseño en bloques completos aleatorizados con arreglo factorial, con 6 tratamientos (variedades), 3 bloques (repeticiones), en 2 localidades diferentes (arreglo 6x3x2) haciendo un total de 36 unidades experimentales.

#### **4.4.2. Variedades de estudio**

Se evaluaron seis cultivares de *Medicago sativa* L. Donde: T1: ALFALFA SW-10, T2: ALFALFA W- 450, T3: ALFALFA HORTUS 401, T4: ALFALFA W -350, T5: ALFALFA SW-8210 y T6: ALFALFA STAMINO 5

#### 4.4.3. Características del campo experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

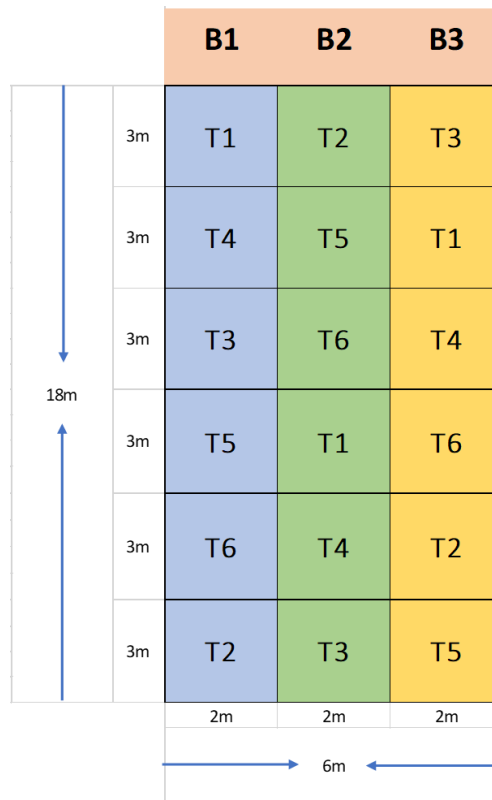


Figura 1. Distribución de las unidades experimentales

#### 4.4.4. Tamaño de las parcelas

La superficie total empleada en la investigación fue de 108 m<sup>2</sup>, dividida en tres bloques y cada uno con seis parcelas de 6 m<sup>2</sup> (3 m x 2 m).

#### 4.4.5. De las localidades

La evaluación se realizó en dos pisos altitudinales:

##### Localidad I (Piso altitudinal I – PA I) (La Libertad- 2300 - 2800 msnm)

En esta comunidad el clima es templado, con una temperatura promedio anual de 16.5 °C; presenta un suelo franco arcilloso, por lo que no son muy fértiles debido a que presentan poca materia orgánica y han sido usados

durante siglos. Los pobladores de esta zona se dedican a la ganadería, así como a los diferentes cultivos.

### **Localidad II (Piso altitudinal II – PA II) (Agomayo- 2801 – 3300 msnm)**

En este lugar el clima es variado, existiendo fuertes cambios entre el día y la noche, su temperatura es templada y fría con un promedio anual de 13.5 °C. Presenta un suelo con poca capa fértil esto hace que sean medianamente productivos, los pobladores de esta zona se dedican a la ganadería, así como a los diferentes cultivos que son importantes para tener algún ingreso para el hogar.

Tabla 3. Condiciones climáticas de los dos pisos altitudinales por mes.

<b>Mes</b>	<b>PA I</b>		<b>PA II</b>	
	<b>T° (°C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>T° (°C)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
Enero	17.6	77	14.2	98
Febrero	17.5	93	13.4	111
Marzo	17.2	161	13.5	133
Abril	16.9	113	13.4	91
Mayo	16.3	62	12.7	42
Junio	15.8	33	11.8	15
Julio	15.4	20	11.9	8
Agosto	15.7	37	12.3	14
Setiembre	16.2	69	12.8	40
Octubre	16.6	90	13.6	92
Noviembre	16.8	69	13.3	68
Diciembre	16.9	54	13.4	83

*Fuente:* Estación Meteorológica Minera La Zanja, Cajamarca (2019).

#### **4.4.6. Acciones previas al experimento**

Una vez instalado el experimento, se procedió a evaluar el crecimiento permanente del cultivo de alfalfa.

##### **Deshierbo**

La labor del deshierbo se realizó con la finalidad de evitar la competencia por nutrientes del cultivo de alfalfa con las malezas, esta actividad se realizó en cada corte. El cual se ejecutó entre 45 a 60 días PA I y para el PA II entre tres a cuatro meses.

##### **Corte**

Se realizó los cortes cuando emergen los brotes a nivel de la corona que se encuentra en la parte basal, además se tomó en cuenta la altura de planta.

En el piso altitudinal I se obtuvieron más cortes porque hubo un mayor desarrollo de las variedades y en cuanto al piso altitudinal II tuvo menos cortes debido a las condiciones climáticas que no le permitieron el desarrollo del cultivo para poder tener mayor número de cortes y esto va en función a la altura de planta.

##### **Evaluaciones registradas**

Todas las evaluaciones se realizaron al azar y en cada corte.

##### **a) Altura de la planta**

Se utilizó una regla de 70 cm. La evaluación se realizó midiendo desde el nivel del suelo hasta la altura máxima en donde la concentración de hojas sea mayor. Se tomó tres muestras al azar de cada subparcela, para luego promediar y considerar el promedio.



#### **b) Rendimiento forraje verde /m<sup>2</sup>**

Para la determinación de este parámetro se utilizó un cuadrante de 30 cm x 30cm (0.09 m<sup>2</sup>). De manera representativa se ubicaron dichos cuadrantes en cada subparcela cortando a 5 cm del suelo, con una hoz, el material vegetal contenido dentro de cada cuadrante. Estas muestras se pesaron en una balanza de precisión, se promediaron dichos pesos, y luego fueron enviadas al laboratorio para su análisis respectivo.

#### **c) Composición química del forraje**

El análisis se realizó en el laboratorio de la Estación Experimental Agraria Baños del Inca- INIA-Cajamarca; donde se evaluó la Materia Seca (MS), Proteína (P), Fibra Bruta (FB), Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), Cenizas y Fibra Detergente Neutro (FDN) siendo todas estas expresadas en porcentaje.

Se utilizó el método de WEENDE para la determinación de la composición química de los componentes mencionados.

### **4.5. Análisis estadístico**

Los datos obtenidos en el experimento fueron almacenados en fichas de campo y laboratorio, y posteriormente con los resultados totales se digitalizaron en un archivo de Excel, y luego se ordenaron los datos para procesarlos en el Software Minitab v. 18.0. Para la evaluación del efecto del rendimiento de Forraje Verde, Materia Seca (Biomasa, Kg MS/ha/año), altura de planta y la composición bromatológica de las seis variedades de alfalfa, se realizó el Análisis de Varianza (ANVA) utilizando el modelo lineal general del Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con arreglo factorial (Ecuación 1), la comparación de medias se realizó mediante la prueba HSD Tukey ( $p < 0.05$ ).

$$Y_{klj} = \mu + \alpha_k + \gamma_l + \xi_{kl} + \beta_j + \varepsilon_{klj} \dots \dots \dots \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

$\mu$  = Media general.

$\alpha_k$  = Efecto del factor A (variedades).

$\gamma_l$  = Efecto del Factor B (Piso Altitudinal).

$\xi_{kl}$  = Efecto de la interacción entre el factor A x Factor B (piso altitudinal y variedades).

$\beta_j$  = Efecto de los bloques.

$\varepsilon_{klj}$  = efecto del error experimental (k = variedades; l = Piso Altitudinal; j = Bloque).

## CAPITULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1 Composición química

Tal como se muestra en la Tabla 4 y Tabla 5 se detallan los resultados en el Piso Altitudinal I y Piso Altitudinal II respectivamente. En el PA I se muestran los contenidos de Materia Seca (MS), Proteína, Grasa, Cenizas, Fibra Bruta, Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) y Fibra Detergente Neutro (FDN); para MS las variedades W-450 Y W-350 son ligeramente mayores al de las otras, y diferente a los contenidos de Proteína que son inferiores. La variedad Stamino 5, muestra un mayor valor en el contenido de proteína para el en piso Altitudinal I. Sin embargo, los niveles de cenizas los muestra en mayor cuantía la variedad Hortus 401.

Tabla 4. Composición química de las seis variedades de alfalfa en el piso altitudinal I (BS).

Variedades	Humedad (%)	MS (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	FB (%)	ELN (%)	FDN (%)
W 450	79.64	20.36	11.00	22.31	9.05	15.77	32.87	21.30
Stamino 5	80.97	19.03	11.50	24.50	7.03	12.16	35.82	24.41
W 350	79.78	20.22	12.00	20.30	8.76	11.68	37.76	24.25
SW 8210	81.76	18.24	12.25	22.93	8.89	12.92	34.01	27.25
Hortus 401	81.68	18.32	13.00	23.63	8.05	10.41	35.42	22.60
SW 10	80.44	19.56	7.75	18.68	9.25	15.00	40.82	32.92

MS: Materia Seca; FB: Fibra Bruta; ELN: Extracto Libre de Nitrógeno; FDN: Fibra Detergente Neutro.  
Fuente: Laboratorio de servicios de suelos, agua, abonos y pastos (INIA).

Por el contrario, en el piso altitudinal II, los niveles de proteína en general son menores para todas las variedades comparados con el PA I, esto puede deberse a las condiciones del suelo (Tabla 2) y a factores abióticos que influyen sobre la composición química de las pasturas (Rebora *et al*, 2015). También podría deberse al tiempo que transcurre para alcanzar la altura en cada Piso altitudinal.

Capacho et al, (2018). presenta resultados que van desde 21.1% a 18.8% de proteína que es ligeramente superior a los datos obtenidos de las variedades estudiadas en nuestro trabajo de investigación (24.50% y 18.68).

Asimismo, Alonzo L. A. and Paniagua Alcaraz, P. L. (2010), encontró resultados inferiores en comparación con cinco de nuestras variedades (19.0%).

Tabla 5. Composición química en las seis variedades, piso altitudinal II. (BS).

<b>Variedades</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>MS (%)</b>	<b>Cenizas (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>FB (%)</b>	<b>ELN (%)</b>	<b>FDN (%)</b>
Hortus 401	76.38	23.62	11.00	18.03	10.58	15.76	33.66	25.75
SW10	75.21	24.79	10.75	14.66	7.47	19.11	38.66	32.10
W 350	73.84	26.16	10.75	17.28	8.14	16.77	37.00	26.08
W 450	75.12	24.88	10.25	17.06	8.61	18.49	35.29	24.97
Stamino 5	76.11	23.89	***	14.66	6.10	14.26	***	26.30
SW 8210	75.77	24.23	10.58	14.57	5.45	19.29	41.13	26.24

MS: Materia Seca; FB: Fibra Bruta; ELN: Extracto Libre de Nitrógeno; FDN: Fibra Detergente Neutro.  
Fuente: Laboratorio de servicios de suelos, agua, abonos y pastos (INIA).

Los promedios de proteína encontrados en este estudio en el PA II son similares a los reportados por Castro-Bedriñana (2019), que van desde (15.9-17.7%).

En cuanto a (FDN), en nuestro trabajo de investigación los resultados obtenidos fueron inferiores a los presentados por Capacho et al, (2018) que obtuvo valores de (53.63 – 49.50%).

## 5.2 Altura de planta

La altura de la planta, nos muestra el potencial para el rendimiento de biomasa que tienen las variedades, Las mediciones realizadas se realizaron desde la base del suelo de la planta hasta la altura máxima en donde la concentración de hojas sea mayor. Tal como se muestra en la Tabla 6, no se muestra diferencias de la altura para los pisos altitudinales ( $p=0.061$ ), pero si para las variedades ( $p=0.002$ ).

Tabla 6. Altura de planta por piso altitudinal y Variedad de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca 2019.

<b>Piso altitudinal</b>	<b>Altura de planta (cm)</b>
PA I	31.54
PA II	28.26
<i>Valor p</i>	<i>0.061</i>
<b>Variedad</b>	
SW 10	35.50 a
SW 8210	33.39 ab
W 450	31.39 ab
W 350	30.81 abc
Stamino 5	25.95 bc
Hortus 401	22.36 c
<i>Valor p</i>	<i>0.002</i>

Además, la altura de planta al momento del corte resulta un factor crítico para la persistencia del cultivo, si se corta frecuentemente en estados tempranos de crecimiento, puede implicar en una reducción sobre el rendimiento productivo y una disminución de la densidad de plantas sobre el suelo, debido a las insuficientes reservas acumuladas en los órganos de almacenamiento, la máxima producción se obtiene con una menor altura de corte y realizando el aprovechamiento a intervalos largos (Growing, 2013).

La Tabla 6 muestra las diferencias encontradas para altura de planta entre las variedades, siendo un resultado superior en las variedades SW-10, SW-8210, W-450 y W-350, que van desde 35.50 hasta 22.36 cm, siendo valores inferiores a los reportados por Rojas et al. (2016) quienes encontraron valores de altura de planta desde 42 a 53 cm en un estudio de comparación de 5 variedades diferentes a las evaluadas en nuestro trabajo, Asimismo al reporte de Oñate y Flores (2019) que muestran valores desde 50.17 a 77.97 cm, en su investigación desarrollada a 2754 msnm.

Al evaluar la interacción entre las variedades y piso altitudinal para la altura de planta, no se ha notado diferencias estadísticas (Anova,  $p=0.768$ ).

### 5.3 Rendimiento de forraje verde

El rendimiento de forraje verde (FV) es la biomasa obtenida en fresco y se obtiene directamente al momento que se realiza el corte de la planta (en este caso, alfalfa); es un parámetro que permite calcular la cantidad de producción obtenida en un área determinada, por un periodo de tiempo. En la Tabla 7 se muestra el rendimiento de forraje verde en Kg/ha/año y Kg/ha/corte por Piso Altitudinal y por las variedades.

Tabla 7. Rendimiento promedio de forraje verde Kg/ha/año por piso altitudinal y Variedades de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca 2019.

Piso altitudinal	Forraje Verde	
	kg/ha/año	Kg/ha/corte
PA I	61 450.6 a	10 241.8 a
PA II	24 833.3 b	8 277.8 b
<i>Valor p</i>	<i>0.000</i>	<i>0.037</i>
Variedad		
W 450	56 963	12 126.5 a
W 350	48 815	10 327.2 ab
SW 10	44 056	9 200.6 ab
SW 8210	42 148	8 753.1 ab
Hortus 401	37 000	8 608.0 ab
Stamino 5	29 870	6 543.2 b
<i>Valor p</i>	<i>0.059</i>	<i>0.034</i>

Para el rendimiento de forraje verde por año y por corte, se muestra diferencias significativas para el Piso Altitudinal ( $p < 0.05$ ); es así que, el PA I muestra mejores resultados (61 450.6 kg/ha/año y 10 241.8 Kg/ha/corte respectivamente), esto puede ser debido a que las condiciones ambientales han sido determinantes en los resultados obtenidos, pues influyó sobre el número de cortes logrados para cada PA; en el PA I se lograron 6 cortes durante el periodo de evaluación, por el contrario, en el PA II solamente se lograron 3 cortes. Por lo tanto, el rendimiento del FV se ha visto afectado por

esta característica. Bajo esta premisa y con los valores mostrados en la Tabla 7, podemos mencionar que a pesar de obtener resultados inferiores en el PA II, se debe considerar que ambos pisos altitudinales tienen buen potencial en la producción de alfalfa para alimentación animal.

Por otro lado, no se han evidenciado diferencias ( $p > 0.05$ ) para el rendimiento de forraje verde por hectárea por año entre las seis variedades, lo que nos indica que todas muestran el mismo desempeño productivo para esta variable, a pesar que si hay diferencias significativas para el rendimiento de FV por hectárea por corte; sin embargo, se puede visualizar numéricamente que el mayor rendimiento anual lo obtuvieron la variedad W-450 con 56 963 kg FV/ha/año y 12126.5 Kg FV/ha/corte. Realizando un análisis para el rendimiento de FV por corte, las diferencias pueden deberse a una buena adaptabilidad de las variedades W 450 W 350, SW 10, SW 8210 y Hortus 401 a las condiciones edáficas y climáticas de la sierra o los pisos altitudinales del estudio, lo que permite al material biológico resistir a los cambios bruscos de temperatura, como la presencia de heladas y baja disponibilidad de riego (Cárdenas, 2011).

Nuestros resultados obtenidos con la variedad STAMINO 5 (6 543.2 kg FV/ha/corte) es superior a los obtenidos por Sangay (2013), quien estudió las variedades ALFAMASTER, SUPERSONIC y ALFAPLUS y encontró 1193; además, al reporte de Tingal, (2015) quien encontró un rendimiento de 1 283 kg FV/ha/corte con la variedad WL-350- HQ. Sin embargo, se encontraron valores inferiores a Castro-Bedriñana (2019), quienes encontraron valores de 18700 a 33400 kg FV/ha/corte con la variedad Aragón a una altitud de 3250 msnm. Estas diferencias pueden deberse a la densidad y época de siembra, abonamiento y altitud estudiada.



#### 5.4 Rendimiento de materia seca

La Tabla 8 muestra el rendimiento de materia seca o biomasa en Kg/ha/ año y Kg/ha/corte para Piso Altitudinal y para las variedades de alfalfa, donde se puede visualizar que para el rendimiento de materia seca por hectárea por año y por corte en el PA I de lograron mejores resultados (10 439.4 kg/ha/año y 1 739.9 Kg/ha/corte respectivamente) ( $p < 0.05$ ).

Para las variedades se nota la misma tendencia que el rendimiento de Forraje Verde, esto puede ser debido a que la materia seca proviene después de extraer el agua del forraje verde y es donde se encuentran los nutrientes para la alimentación de los animales.

Tabla 8. Rendimiento promedio de Materia seca kg/ha/año, de los dos pisos altitudinales en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca 2019.

Piso altitudinal	Materia Seca (Biomasa)	
	kg/ha/año	Kg/ha/corte
PA I	10 439.4 a	1 739.9 a
PA II	6 116.3 b	2 038.8 b
<i>Valor p</i>	<i>0.000</i>	<i>0.034</i>
<b>Variedad</b>		
W 450	10 483.9	2 402.3 a
W 350	9 627.7	2 177.9 ab
SW 10	8 588.2	1 891.9 ab
SW 8210	7 765.6	1 713.1 ab
Hortus 401	7 161.4	1 770.2 ab
Stamino 5	6 040.3	1 380.6 b
<i>Valor p</i>	<i>0.053</i>	<i>0.034</i>

De los resultados obtenidos se observa que la variedad W 450 tiene un rendimiento de materia seca de 10 483.9 Kg/ha/año, y la variedad Stamino 5 tiene un rendimiento en materia seca de 6 040.3 Kg/ha/año, siendo las variedades que lograron el mayor y el menor rendimiento respectivamente, teniendo en cuenta que este rango obtenido es inferior a los resultados reportados por Rojas et al. (2017), quienes encontraron 20 275 kg/ha/año.

Asimismo, Oñate y Flores (2019) reportaron resultados superiores 26 100 kg/ha/año, a los presentados por Rafael y García (2019), que obtuvo 20 643 kg/ha/año, por lo contrario, Gutiérrez *et al.* (2017), obtuvieron resultados inferiores a los obtenidos por ambos estudios, a la vez tiene datos de 4 507.8 kg/ha/corte con su variedad Júpiter lo cual es superior con nuestros resultados del estudio de W 450 2 402.3 kg/ha/corte. A la vez el dato obtenido en kg/ha/corte es superior al que nos presenta Alonzo y Paniagua (2010), que obtuvo 1 772 kg/ha/corte.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES**

- Se determinó la composición química en ambos Pisos Altitudinales (PA), de los cuales el mejor resultado lo presenta el PA I para Proteína 24.50%, respecto al PA II que obtuvo 18.03%. En cuanto al nivel de Fibra Detergente Neutro (FDN) los datos reportados fueron casi similares PA I (32.92%) y PA II (32.10%).
- La altura de planta fue mayor ( $p < 0.05$ ) en el Piso Altitudinal I, con 31.54 cm vs 28.26 cm en el PA II.
- Se determinó que el mejor piso altitudinal fue el PA I que obtuvo más cortes que el PA II.
- Asimismo, la variedad que logro mejores resultados fue la variedad W 450.
- Finalmente, El PA I alcanzó mejores resultados ( $p < 0.05$ ) para el rendimiento de Forraje Verde con una producción de 61 450.6 kg/ha/año y 10 241.8 Kg/ha/corte, asimismo, el rendimiento de la materia seca fue de 10 439.4 kg/ha/año y 1 739.9 kg/ha/corte.

## **CAPITULO VII**

### **RECOMENDACIONES**

- Realizar más estudios sobre nuevas variedades que posiblemente se puedan adaptar en nuestra Región de Cajamarca.
- Continuar evaluando la variedad de alfalfa W-450, que obtuvo la mejor producción de forraje verde.
- Promover el cultivo de la variedad W-450, en ambos pisos altitudinales ya que muestra mejores rendimientos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Águila, H. (1997)**. Alfalfa y su utilización en la zona Sur. Serie Carrillanca No. 31 Temuco, Chile. 224p.
2. **Alabama (2007)**. Revista Alabama S.A. Leguminosas de Clima Frío. URL: <https://www.alabama.com.pe/leguminosas>.
3. **Alarcón, Z. y, Cervantes M. (2012)**. Manual de la selección genética y molecular, producción de semilla de alfalfa en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Fundación Hidalgo Produce A.C. Universidad Autónoma Chapingo. 80 p.
4. **Alonzo Griffith, L. A. and Paniagua Alcaraz, P. L. (2010)** 'Efectos de dosis de calcáreo sobre el comportamiento productivo y calidad de la alfalfa', *Investigación Agraria*, 12(1), pp. 35–39.
5. **Argote, G. (2004)**. Cultivo de alfalfa, instalación, producción y manejo. Estación Experimental Illpa. INIA. Boletín N° 01-2004. Puno Perú.
6. **Becker (2011)**. Fenología, composición química y manejo de las variedades de alfalfa en el cantón Rio Bamba. Universidad Nacional Agraria La Molina. (2019). pp. 142-216.
7. **Caballero, J. T. y R. (1976)**. Estudio comparado de la composición químico-bromatológica y digestibilidad de diferentes cultivares de alfalfa (*Medicago sativa*, L.) Jesús. Instituto de Alimentación y Productividad Animal. C.S.I.C, 6(1), pp. 173–183.
8. **Calvo (2004)**. Efecto de la frecuencia y altura de corte en la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en dos tipos de suelo en Coata – Puno. Universidad Nacional de Antiplano. 32p
9. **Capacho-Mogollón, A. E., Flòrez Delgado, and Hoyos-Patiño, J. F. (2018)**. Biomasa y calidad nutricional de cuatro variedades de alfalfa para introducir en Pamplona , Colombia, *Ciencia y Agricultura*, 15(1), pp. 61–67.

10. **Cardenas (2011)**. Evaluación de leguminosas en la Región de Cajamarca – Baños Del inca. Universidad Nacional de Cajamarca. (2015). 59p.
11. **Caritas Perú. (2012)**. Manual del cultivo de alfalfa. 17 p. Disponible: [http://www.agrobanco.com.pe/pdf\\_cpc/AlfalfaDormante.pdf](http://www.agrobanco.com.pe/pdf_cpc/AlfalfaDormante.pdf).
12. **Castro Bedriñana, J. I., Chirinos Peinado, D. M. Y Lara Schwartz, P. R. (2019)** «Evaluación del compost de guano de pollo en el rendimiento y calidad nutricional de la alfalfa en la sierra central del Perú», Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 30(4), pp.
13. **Choque J. (2005)**. Producción y manejo de especies forrajeras. UNA-Puno. Pág. 306.
14. **Clementeviven L. (2010)**. La Alfalfa.<http://area-web.net/clementeviven/?pagid=32>. Consultado el 16 de septiembre 2019.
15. **Duarte, G. (2007)**. Fertilización de la alfalfa. Disponible: [http://www.produccionbovina.com/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_alfalfa/53fertilizacion.pdf](http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/53fertilizacion.pdf). Consultado el 16 de septiembre 2019.
16. **Farfán Loaiza, R. D. and Farfán Tenicela, E, R. (2012)**. Producción de Pasturas cultivadas y Manejo de Pastos Naturales Alto andinos. Primera Edición pp:116-129.
17. **Growling, L. (2013)**. El cultivo de la alfalfa. Recuperado el 19 de agosto de 2016, Disponible: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajajes/alfalfa2.htm>.
18. **Gutiérrez, R. A. S. et al. (2017)**. 'Eficiencia en el uso del agua de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sistema de riego subsuperficial', *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 8(4), pp. 429–435.

- 19. Hernández-Garay, A., J. Pérez P., Y V. A. Hernández G. (1992).** Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. Agro ciencia 2: pp 131-144.
- 20. Hoyos, Pérez L. (2007).** Rendimiento, atributos agronómicos y su composición química de siete genotipos de alfalfa (*Medicago sativa*) en Yatun, Cutervo, Cajamarca. Tesis Facultad de Ingeniería Zootecnia Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Perú. pp.27 -39.
- 21. Hortus S.A. (2019).** Alfalfa Hortus 401. Ficha Técnica. URL: <https://www.hortus.com.pe/detalle-producto/forrajeras/alfalfa-hortus-401>.
- 22. Infoagro, (2004).** Manejo y Cultivo de la Alfalfa, (en línea), Disponible <http://www.infoagro.com/herbaceas/forrajes/Alfalfa2.asp>.
- 23. León, E. (2003).** Pastos y Forrajes, Producción y Manejo. (Folleto pastos y forrajes). Universidad Central. 251 p.
- 24. Liu ET AL., (2015).** Comportamiento agronómico de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de fertilización fosfatada. Pastos y Forrajes 2019. pp 125-132.
- 25. Milic ET AL. (2014) Y Rojas ET AL (2017).** Comportamiento agronómico de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de fertilización fosfatada. Pastos y Forrajes 2019. pp 125-132.
- 26. Ministerio de Agricultura. (2009).** Centro De Información Agraria – Cajamarca-Perú.
- 27. Mortenson ET AL., (2005).** Rendimiento de forraje y sus componentes en variedades de alfalfa en el altiplano de México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias (2019). pp 239-253.
- 28. Muselara, P.E Y Ratera, G, C. (1984).** Praderas y forrajes. Producción y aprovechamiento Editorial Mandil Prensa Madrid. España 674p.

- 29. Oñate, W. and Flores, E. (2019).** «Comportamiento agronómico de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferentes dosis de fertilización fosfatada», *Pastos y Forrajes*, 42(2), pp. 125-132.
- 30. Perdomo, G.R (2008).** Comportamiento productivo de 65 genotipos de alfalfa (*Medicago sativa* L) en Chapingo México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Chapingo, Texcoco, México. pp 135-137.
- 31. Rafael, A. and Garcia, R. (2019).** 'Rendimiento de forraje y sus componentes en variedades de alfalfa en el altiplano de México', pp. 239–253.
- 32. Reborá, C. et al. (2015).** “Efecto del grado de reposo invernal de alfalfa (*Medicago sativa* L). sobre el rendimiento de heno en el oasis norte de Mendoza”, *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 47(2), pp. 43–51.
- 33. Robinson, R.; Putnam, L and Depeters. S. (2007).** Fundamentals of alfalfa quality. 37th California Alfalfa & Forage Symposium.
- 34. Romero, O. (1987).** Cultivares de alfalfa para la región Bio-Bio, Araucanía y los Lagos. En: Romero, o. (Ed) Seminario alfalfa y su utilización en la zona sur. Estación experimental Carrillanca (INIA). Temuco Chile, pp:33-65.
- 35. Romero, A. (1995).** Manejo y utilización de la alfalfa. La Alfalfa en la Argentina, INTA Cuyo. Buenos aires, Argentina. Recuperado el 19 de diciembre de 2011 <http://www.produccionbov>.
- 36. Rojas, A. ET AL. (2016)** «Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa», *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(8), pp. 1855-1866.
- 37. Rojas García, A. et al. (2017)** 'Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*medicago sativa* L.)', *Agrociencia*, 51(7), pp. 697–708.
- 38. Salamanca, Rafael, (1990).** *Pastos y Forrajes, Producción y Manejo*, USTA. Bogotá - Colombia. pp 149-161.
- 39. Saldaña ,2019.** En la tesis rendimiento y composición química de cuatro variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) realizadas en Cajamarca.



- 40. Salinas, C.S. (2005).** Pasado, presente y futuro de la alfalfa en México. Ficha técnica de Semillas Berenten, S. A. de C. V. Departamento de investigación y desarrollo. [www.sebesa.com.mx](http://www.sebesa.com.mx).
- 41. Smith, D. (1969).** Influence of temperature on the yield and chemical composition of 'Vernal' alfalfa at first flower. *Agron. J.* 61:470-472.
- 42. Solano, M. (2006).** "Botánica sistemática. Separata del curso botánica sistemática". Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- 43. Soto, P. (2000).** Alfalfa en la zona centro sur de Chile. Colección libros INIA N° 4 Instituto de Investigación y Progreso Agropecuario. Chillan, Chile 266 pp.
- 44. Takasaki, J. (1976).** studies on the performance of lucerne swards. Relationships between top weight and carbohydrate root reserve of individual plant under sward condition. *Proceeding of Crop Science Society of Japan.* 45(2): 238-242.
- 45. Tingal. (2015)** "Evaluación de leguminosas en la Región de Cajamarca – Baños del Inca", p. 59.
- 46. Torres, A y Parga, J. (1992).** Establecimiento de la alfalfa *Medicago Sativa*. Instituto de producción animal. Universidad Austral de Chile. Valdivia pp 76-89.
- 47. Torres, La J H. (2007).** Cultivo de Alfalfas en el Altiplano de Puno. Caritas del Perú. Disponible en([www.alfalfadormante.chile.com](http://www.alfalfadormante.chile.com)). 72 p.
- 48. Urbano, D, Dávila, C. (2003).** Evaluación del rendimiento y composición química de once variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) bajo corte en la zona alta del estado Mérida, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía,* 20(1), pp. 97-107.

- 49. Vargas, B.B.F (2008).** Evaluación de atributos agronómicos y composición química de siete genotipos de alfalfa (*Medicago sativa*) al corte de instalación en Yatun, Cutervo, Cajamarca. Tesis' Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú.
- 50. Ventroni, L. M., J. Volenec, J. and A. Cangiano, C. (2010).** Fall dormancy and cutting frequency impact on alfalfa yield and yield components. *Field Crop. Res.* pp 119-259.
- 51. Victoria, U. C. (2017).** Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa. pp 697–708.

## ANEXOS

Tabla 9. Análisis de Varianza (ANAVA) para Altura de planta (cm) de seis variedades de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Variedad	5	714.04	142.81	5.77	0.002
Piso Altitudinal	1	96.8	96.8	3.91	0.061
Piso Altitudinal*Variedad	5	62.69	12.54	0.51	0.768
Bloque	2	262.84	131.42	5.31	0.013
Error	22	544.47	24.75		
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>1680.85</b>			

GL: Grados de Libertad; SC: Suma de Cuadrados; MC: Cuadrados Medios

Tabla 10. Análisis de Varianza (ANAVA) para el Rendimiento de FV/ha/año de seis variedades de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Variedad	5	2633294925	526658985	2.53	0.059
Piso Altitudinal	1	1.2067E+10	1.2067E+10	58.03	0.000
Piso Altitudinal*Variedad	5	1521817558	304363512	1.46	0.242
Bloque	2	1963445130	981722565	4.72	0.020
Error	22	4574991084	207954140		
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>2.2761E+10</b>			

GL: Grados de Libertad; SC: Suma de Cuadrados; MC: Cuadrados Medios

Tabla 11. Análisis de Varianza (ANAVA) para el Rendimiento de FV/ha/corte de seis variedades de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Variedad	5	104534455	20906891	2.96	0.034
Piso Altitudinal	1	34715373	34715373	4.91	0.037
Piso Altitudinal*Variedad	5	42785713	8557143	1.21	0.337
BLOQUE	2	104904111	52452056	7.42	0.003
Error	22	155603205	7072873		
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>442542857</b>			

GL: Grados de Libertad; SC: Suma de Cuadrados; MC: Cuadrados Medios

Tabla 12. Análisis del **ANAVA** para el Rendimiento de Materia Seca por ha/ año de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Variedad	5	79803826	15960765	2.62	0.053
Piso Altitudinal	1	168199428	168199428	27.59	0.000
Piso Altitudinal*Variedad	5	34541914	6908383	1.13	0.372
Bloque	2	75058608	37529304	6.15	0.008
Error	22	134143744	6097443		
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>491747520</b>			

GL: Grados de Libertad; SC: Suma de Cuadrados; MC: Cuadrados Medios

Tabla 13. Análisis del **ANAVA** para el Rendimiento de Materia Seca por ha/corte de alfalfa en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Variedad	5	3903347	780669	2.96	0.034
Piso Altitudinal	1	803941	803941	3.04	0.095
Piso Altitudinal*Variedad	5	1388796	277759	1.05	0.413
Bloque	2	4569457	2284729	8.65	0.002
Error	22	5811447	264157		
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>16476988</b>			

GL: Grados de Libertad; SC: Suma de Cuadrados; MC: Cuadrados Medios

Tabla 14. Poder Germinativo de las Seis variedades de Alfalfa.

<b>Cultivares</b>	<b>Germinación (%)</b>	<b>Fecha</b>
<b>HORTUS 401</b>	95	12-Feb-18
<b>STAMINO 5</b>	96	12-Feb-18
<b>SW-8210</b>	60	12-Feb-18
<b>W-450</b>	96	12-Feb-18
<b>SW-10</b>	84	12-Feb-18
<b>W-350</b>	90	12-Feb-18

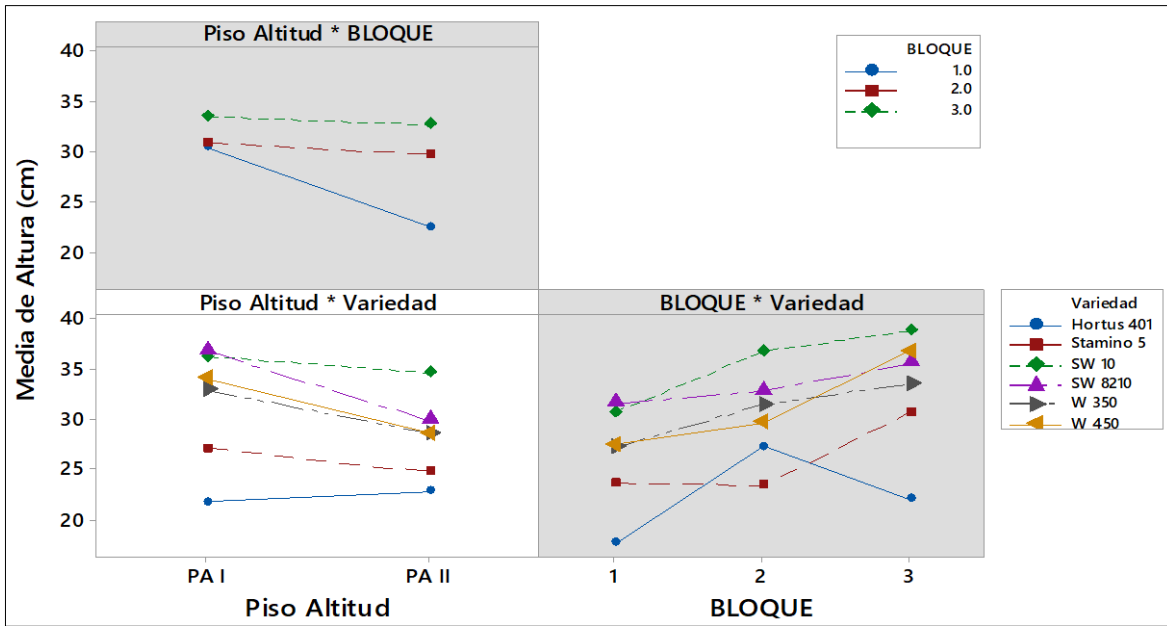


Figura 2. Efecto de altura de planta para el Piso altitudinal, Bloque y las seis variedades de alfalfa, en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca.

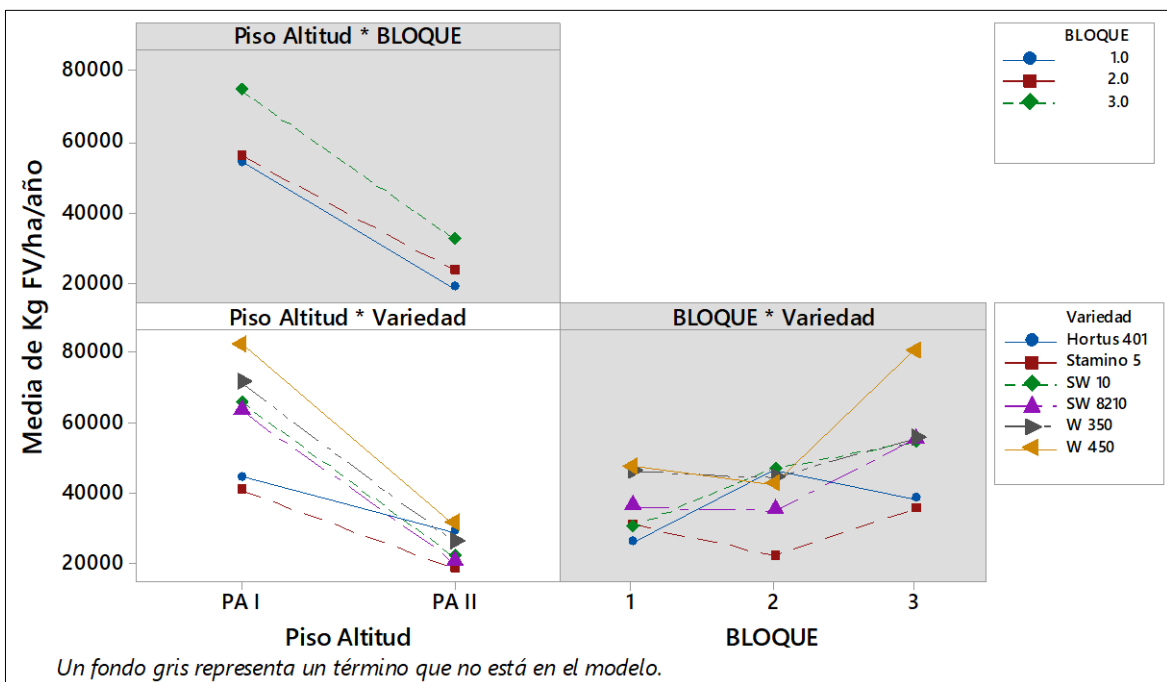


Figura 3. Efecto de rendimiento de forraje verde /ha/año por Piso altitudinal, bloque y las seis variedades de alfalfa, en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca.

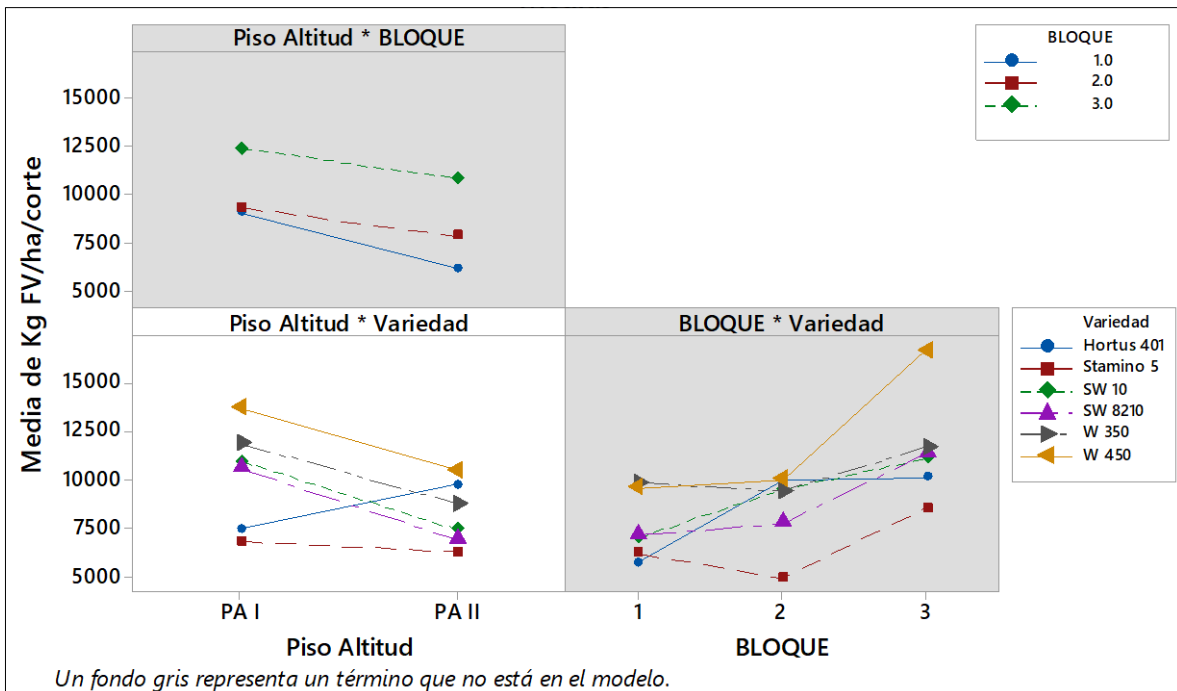


Figura 4. Efecto de rendimiento de FV/ ha/ corte por Piso altitudinal, bloque y las seis variedades de alfalfa, en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca.

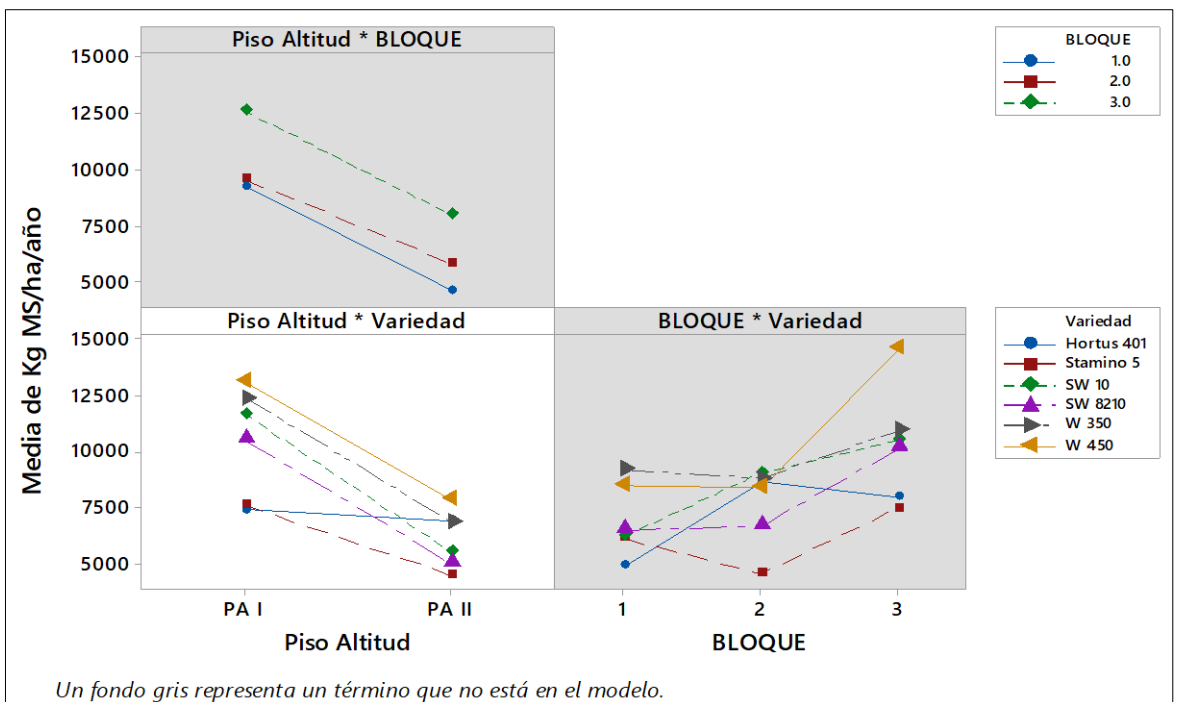


Figura 5. Efecto de rendimiento de materia seca /ha/año por Piso altitudinal, bloque y las seis variedades de alfalfa, en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca.

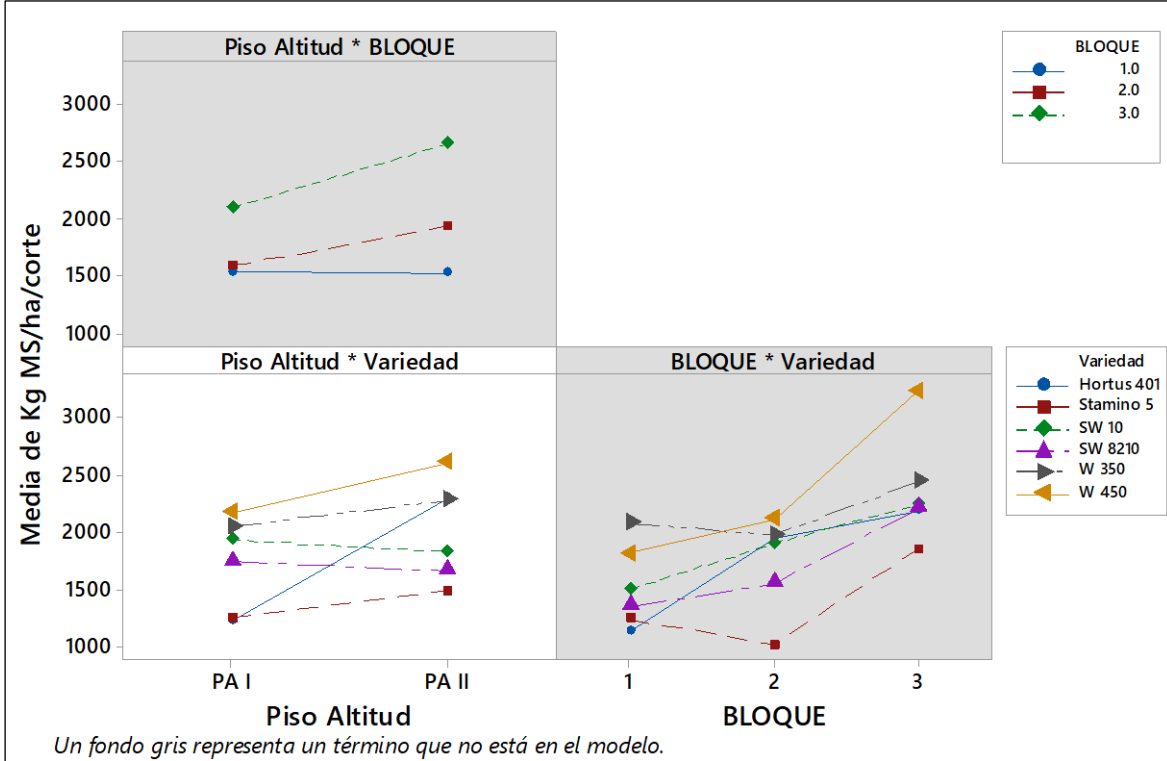


Figura 6. Efecto de rendimiento de MS/ha/ corte por Piso altitudinal, bloque y las seis variedades de alfalfa, en la Provincia de Santa Cruz- Cajamarca.