

**Efecto de diferentes fuentes y dosis de enmienda sobre el rendimiento de la alfalfa**  
**(*Medicago sativa* L.) cv. Moapa 69 en Pasto, Nariño**

Gladys Anganoy Anganoy y Edgar Efrén Naspirán Paz

Universidad Nacional Abierta a Distancia - UNAD  
Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente  
Tecnología en Producción Agrícola  
Junio 2021

**Efecto de diferentes fuentes y dosis de enmienda sobre el rendimiento de la alfalfa**  
**(*Medicago sativa* L.) cv. Moapa 69 en Pasto, Nariño**

Gladys Anganoy Anganoy y Edgar Efrén Naspirán Paz

Director

Diego Rosendo Chamorro Viveros

Master Salud y Producción Animal

Codirector (a):

Diego Hernán Meneses Buitrago

Investigador Master AGROSAVIA

Universidad Nacional Abierta a Distancia - UNAD  
Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente  
Tecnología en Producción Agrícola  
Junio 2021

### **Dedicatoria**

Este trabajo se lo dedicamos a Dios por sus bendiciones para culminar con esta etapa de nuestras vidas, a nuestros familiares y amigos por el apoyo y acompañamiento incondicionalmente a lo largo de este proceso.

### **Agradecimientos**

Agradecemos a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, por todos los conocimientos brindados, a nuestros compañeros y profesores donde le destacamos el gran apoyo incondicional al docente Diego Chamorro Viveros.

Infinitas gracias a la Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria AGROSAVIA, en especial al MSc. Diego Hernán Meneses, a la Ing. Jenny Zapata Molina y al Ing. José Lerma por su acompañamiento durante el desarrollo y culminación de este trabajo.

## Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes fuentes y dosis de enmienda sobre el rendimiento de *Medicago sativa* (L.) cv. Moapa 69. El estudio se desarrolló en Pasto (Centro de Investigación Obonuco). Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con arreglo factorial 3 x 4 (3 fuentes de enmienda x 4 dosis); con 12 tratamientos, resultantes de la interacción de tres fuentes de enmienda (cal dolomita, cal agrícola y yeso agrícola) y cuatro dosis de aplicación. Las variables evaluadas fueron: Vigor; cobertura (%); arvenses (%); altura de la planta (cm); relación (H/T); deficiencias nutricionales, plagas (0-100); enfermedades; forraje verde (t.ha-1); materia seca (t.ha-1), digestibilidad y fraccionamiento de la proteína determinadas en tres edades de cortes 30, 35 y 40 días para hojas y tallos. Durante todo el desarrollo del experimento, se observó que con la aplicación del yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) tanto las hojas como tallos incrementaron los valores promedios de digestibilidad a los 30, 35 y 40 días, con valores de 65.03%, 64.4 y 63,26 en tallos y, promedios de 78.3%; 78.5% y 78,03% en hojas. Los bajos promedios de FDA incidieron directamente en los promedios de digestibilidad en hojas y tallos con un  $R^2 = 0.96$ .

Adicionalmente, Los promedios de PC incidieron directamente sobre la digestibilidad en hojas y tallos con un  $R^2 = 0.95$ . Resultados, que dado el equilibrio entre el nitrógeno y el azufre en el proceso de fijación biológica del nitrógeno le permite a *M. sativa* alcanzar buenos rendimientos.

**Palabras clave:** Leguminosa, proteína, yeso agrícola, pH.

### Abstract

The objective of the present study was to evaluate the effect of different sources and doses of amendment on the yield of *Medicago sativa* (L.) cv. Moapa 69. The study was carried out in Pasto (Obonuco Research Center). A completely randomized block experimental design with a 3 x 4 factorial arrangement (3 amendment sources x 4 doses) was used; with 12 treatments, resulting from the interaction of three amendment sources (dolomite lime, agricultural lime and agricultural gypsum) and four application doses. The variables evaluated were: Vigor; cover (%); weeds (%); plant height (cm); ratio (H/T); nutritional deficiencies, pests (0-100); diseases; green forage (t.ha-1); dry matter (t.ha-1), digestibility and protein fractionation determined at three cutting ages 30, 35 and 40 days for leaves and stems. Throughout the experiment, it was observed that with the application of agricultural gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) both leaves and stems increased the average digestibility values at 30, 35 and 40 days, with values of 65.03%, 64.4 and 63.26 in stems and averages of 78.3%, 78.5% and 78.03% in leaves. The low FDA averages directly influenced the digestibility averages in leaves and stems with an  $R^2 = 0.96$ .

Additionally, CP averages directly influenced digestibility averages in leaves and stems with an  $R^2 = 0.95$ . These results, given the balance between nitrogen and sulfur in the biological nitrogen fixation process, allow *M. sativa* to achieve good yields.

**Keywords:** Legume, protein, agricultural gypsum, pH

## Tabla de Contenido

	<b>pág.</b>
Capítulo 1.Introducción e información general .....	15
Objetivos.....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos.....	17
Formulación del Problema.....	18
Justificación .....	19
Capítulo 2. Marco Referencial.....	21
Origen de la Alfalfa .....	21
Caracteres Morfológicos.....	21
Importancia de La Alfalfa.....	22
Requerimiento de Suelos .....	24
Manejo para el Pastoreo.....	25
Relación Hoja/Tallo .....	27
Marco Conceptual.....	30
Acidez del Suelo .....	30
Ph .....	30
La Alcalinidad y/o Acidez .....	31
Cal.....	31
Dolomita .....	31
Yeso .....	32
Alfalfa Variedad Moapa 69 .....	32

Capítulo 3. Metodología .....	33
Selección y Localización .....	33
Descripción de Tratamientos .....	33
Área Experimental y Tratamientos .....	34
Semilla .....	35
Fase de Establecimiento.....	35
Preparación Suelo .....	35
Aplicación de Cal.....	35
Fertilización .....	36
Fertilización de Mantenimiento .....	37
Manejo de Arvenses.....	37
Establecimiento.....	37
Variables Evaluadas .....	38
Fase Productiva.....	38
Vigor .....	38
Cobertura (%).....	39
Cobertura de Arvenses (%).....	39
Altura de Planta (H) .....	39
Relación Hoja/Tallo (Rht).....	39
Deficiencias Nutricionales.....	40
Plagas y Enfermedades: .....	40
Determinación de Ph.....	41
Producción de Forraje Verde .....	41

Producción de Materia Seca.....	42
Rendimiento Materia Seca.....	42
Precipitación y Temperatura.....	42
Calidad Composicional.....	42
Diseño Experimental.....	42
Capítulo 4. Resultados y Discusión .....	44
Variables de Adaptación.....	44
Variables de Ph.....	48
Variables Fenológicas.....	50
Variables de Calidad Nutricional.....	53
Capítulo 5. Conclusiones .....	75
Recomendaciones .....	77
Referencias Bibliográficas .....	78
Glosario.....	90
Apéndices.....	91

## Lista de Tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Descripción de fuentes.....	33
Tabla 2. Requerimientos nutricionales de la Alfalfa .....	36
Tabla 3. Análisis químico del suelo .....	37
Tabla 4. Tratamientos Experimentales evaluados bajo el efecto de enmienda sobre la alfalfa (Medicago sativa L.) Cv. Moapa 69 .....	37
Tabla 5. Variables de Adaptación.....	45
Tabla 6. Variables de adaptación (vigor, plagas, enfermedades y deficiencia nutricional).....	47
Tabla 7. Variables de adaptación (vigor, plagas, enfermedades y deficiencia nutricional).....	48
Tabla 8. Valores promedio de pH en suelos sometidos a enmiendas en el C.I Obonuco. Pasto .	49
Tabla 9. Valores medios para variables fenológicas evaluadas en los diferentes tratamientos a la edad de 30 días.....	50
Tabla 10. Valores medios para variables fenológicas evaluadas en los diferentes tratamientos a la edad de 35 días.....	51
Tabla 11. Valores medios para variables fenológicas evaluadas en los diferentes tratamientos a la edad de 40 días.....	52
Tabla 12. Valores medios para variables de calidad nutricional de hojas evaluadas en los diferentes tratamientos a la edad de 30 días Pasto, Nariño, Colombia .....	60
Tabla 13. Valores medios para variables de calidad nutricional de tallos evaluados en los diferentes tratamientos a la edad de 30 días Pasto, Nariño, Colombia .....	61
Tabla 14. Valores medios para variables de calidad nutricional de hojas evaluadas en los diferentes tratamientos a la edad de 35 días Pasto, Nariño, Colombia .....	62

Tabla 15. Valores medios para variables de calidad nutricional de tallos evaluados en los diferentes tratamientos a la edad de 35 días Pasto, Nariño, Colombia .....	66
Tabla 16. Valores medios para variables de calidad nutricional de hojas evaluadas en los diferentes tratamientos a la edad de 40 días Pasto, Nariño, Colombia .....	69
Tabla 17. Valores medios para variables de calidad nutricional de tallos evaluados en los diferentes tratamientos a la edad de 40 días Pasto, Nariño, Colombia .....	71

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Mapa de campo de las 36 Unidades experimentales en el C.I. Obonuco.....	34
Figura 2 Valor neutralizante de enmiendas .....	36
Figura 3 Escala de incidencia de plagas .....	40
Figura 4 Escala de enfermedades.....	41
Figura 5 Precipitación acumulada de octubre de 2018 hasta marzo de 2019 .....	44

**Lista de ecuaciones**

	<b>Pág.</b>
Ecuación 1. Cálculo de pH .....	30
Ecuación 2. Relación tallo/hoja .....	40

**Lista de Apéndices****Pág.**Apéndice A Establecimiento de una hectárea de alfalfa. (*Medicago sativa* L.). ..... 91

## Introducción

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es un cultivo forrajero muy valorado en diversos sistemas agrícolas en muchas regiones del mundo. Es una de las leguminosas más importantes, debido a su fácil adaptación a diversos ambientes y a su contenido y calidad nutricional. Otra característica importante, es su gran producción de biomasa, que permite almacenar forraje para aquellas épocas del año en donde las condiciones del clima afectan la oferta forrajera. Otro factor importante que permite la elección de este forraje, es la capacidad que tiene para fijar nitrógeno atmosférico simbióticamente, permitiendo disminuir los costos de producción en cuanto a la labor de fertilización, además de mejorar las propiedades químicas del suelo. Por otro lado, permite aumentar la capacidad de carga animal, mejorar la ganancia de peso y la productividad lechera de los predios dedicados a la producción ganadera. Por estas características y gracias a la diversidad de variedades disponibles, la alfalfa permite tener posibilidades de producción en distintos ambientes, adaptándose a un rango altitudinal que va desde los 700 a los 4000 m.s.n.m, mostrándose como una gran alternativa forrajera que suple las deficiencias en cuanto a producción de biomasa y calidad nutricional. Delgado (2015). Se han obtenido beneficios múltiples en la ganadería como resultado de incluir alfalfa en la dieta de un rumiante.

En el trópico alto de Nariño la producción de alfalfa se ve limitada a la acidez de los suelos ya que esta es sensible a esta condición. Establecer este cultivo y garantizar una buena producción es una labor que requiere de prácticas adecuadas, sobre todo por las altas demandas de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y niveles de pH de 6.0 a 6.5 Morón (2000). Sin embargo, con la aplicación de enmiendas básicas se corrigen los problemas de acidez, se mejora la disponibilidad de nutrientes, tales como el P, se promueve la fijación biológica de N y favorece los procesos de

mineralización; obteniendo alfalfares vigorosos con buena nodulación como afirman Soto (1983); Brady y Weil (1999).

La aplicación de productos como Cal agrícola, Yeso agrícola y Cal dolomita, suministran al suelo altos contenidos  $\text{Ca}^{2+}$  o  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  que promueven la precipitación del  $\text{Al}^{3+}$  y reducen la toxicidad del mismo como afirman Caires et al., (2008); Santos et al., (2009). Así mismo, estas bases mejoran la calidad de los cationes estructurales del suelo; disminuyendo la resistencia a la penetración lo cual facilita la dinámica del aire y del agua en suelos de uso ganadero Vázquez et al., (2012).

Definir la enmienda y dosis a aplicar implica considerar el grado de acidez actual y potencial del suelo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), porcentaje de saturación de bases y las relaciones Ca:Mg:K para condiciones microclimática particulares. De igual manera, se debe contemplar el poder de neutralización del producto a utilizar, su velocidad de reacción, pureza y tamaño de partículas como lo menciona Vázquez et al., (2012). Por lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes fuentes y dosis de enmiendas sobre el rendimiento de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) cv. Moapa 69 en el trópico alto del departamento de Nariño.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de diferentes fuentes y dosis de enmiendas sobre el rendimiento de alfalfa (*Medicago sativa* L) cv. Moapa 69 en Pasto, Nariño.

### **Objetivos Específicos**

Evaluar el rendimiento de materia seca y calidad nutricional de la alfalfa a diferentes edades de corte.

Determinar el efecto de diferentes fuentes y dosis de enmienda sobre el desarrollo de la alfalfa

Cuantificar el costo de un kilogramo de MS de los tratamientos.

## Formulación del problema

A nivel mundial la acidez del suelo es uno de los problemas más limitantes para el buen establecimiento, comportamiento y producción de un cultivo de alfalfa forrajera. Sin embargo, se han venido corrigiendo con prácticas de enclavamiento utilizando diferentes tipos de enmiendas con el fin de aumentar los niveles de pH y reducir la acidez.

La acidez del suelo en Obonuco está en un rango de 5 a 5,7 por lo que no favorece la nodulación de la raíz de la alfalfa. La alfalfa, es muy sensible a la acidez del suelo. Por lo tanto, la siembra de alfalfa sin tomar las medidas óptimas del manejo del recurso suelo en cuanto acidez puede reducir notablemente en los rendimientos de esta forrajera.

En Colombia actualmente en el trópico alto de Nariño no existe un modelo de producción de alfalfa que oriente al productor de leche especializada en un óptimo uso de enmiendas para corregir el pH para esta especie forrajera.

Además, esta actividad se limita por el desconocimiento de la composición y características de la enmienda calcárea aplicada. Más concretamente en nuestro país la información que se tiene de esta planta alfalfa Moapa 69 (*Medicago sativa* L) es muy pobre en relación con su productividad y establecimiento en climas y suelos que posiblemente pueden ofrecer las condiciones necesarias para su buen desarrollo y producción.

Por lo anterior, el uso inadecuado de fuentes en cuanto a manejo de dosis y selección de productos de enmiendas en del departamento de Nariño para el cultivo de alfalfa, puede provocar pérdidas económicas para el productor de leche especializada por los bajos rendimientos y calidad composicional del forraje.

## Justificación

La alfalfa (*Medicago sativa* L), es la principal especie leguminosa más importante del mundo. La difusión del cultivo se apoya en sus altos rendimientos de materia seca (MS) ha<sup>-1</sup>, su excelente calidad forrajera y su gran adaptabilidad a diversas condiciones ambientales (suelo, clima y manejo). Por otro lado, su capacidad para la fijación del Nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis con la bacteria *Sinorhizobium meliloti* la convierten también en un importante componente de la sustentabilidad de los sistemas productivos (Basigalup, 2007).

Para una alta producción de forraje, la alfalfa requiere suelos profundos (>1,2 m), bien aireados, de reacción más bien neutra (pH 6,5 a 7,5) y buena fertilidad (especialmente P y, en menor proporción, S). A medida que las condiciones no son las óptimas, el cultivo disminuye su rendimiento y su persistencia. En muchos casos, las deficiencias nutricionales se pueden cubrir con fertilizaciones y la acidez de los suelos con enmiendas cálcicas (Basigalup, 2007).

La incorporación de enmiendas al suelo ayuda a disminuir este efecto y mejora la disponibilidad de los elementos necesarios, con lo cual se obtiene plantas vigorosas con adecuada nodulación que permite fijar una buena cantidad de nitrógeno libre del aire (Soto, 1983) Se utilizan productos como la cal agrícola y la dolomita, los que proveen Ca o Ca y Mg, respectivamente. En menor proporción se utiliza yeso, que, al comportarse como una base, promueve la precipitación del Al, reduciendo la toxicidad característica de este elemento en suelos ácidos. Esta última enmienda también podría ser utilizada en planteos de siembra directa como una fuente rápida de Ca más soluble y con potencial acción solubilizadora de los carbonatos contenidos en calizas y dolomitas (Santos et al., 2009), ya que el movimiento en profundidad de los carbonatos en el mediano a largo plazo ya ha sido demostrado en estas condiciones (Caires et al., 2008). Los cationes básicos cumplen, además de funciones

nutricionales para las plantas, acciones positivas sobre las condiciones físicas del suelo, en su calidad de cationes estructurantes. Es así que disminuyen la resistencia a la penetración, facilitando la dinámica del aire y del agua, habitualmente comprometidas en suelos con larga historia productiva (Vázquez et al, 2012). La corrección de la acidez pone en disponibilidad otros nutrientes, tales como el P, promueve la fijación biológica del N, entre otras razones, por poner en disponibilidad al Mo, elemento que actúa como cofactor de la nitrogenasa, y favorece la mineralización.

En la elección de los productos y dosis a aplicar, deben tenerse en cuenta factores tales como la acidez actual y potencial de los suelos, la capacidad de intercambio catiónico y su porcentaje de saturación básica, las relaciones entre cationes, en un marco de condiciones climáticas determinadas. A su vez, deben considerarse paralelamente, las características de las enmiendas, como su poder de neutralización, velocidad de reacción, pureza y tamaño de partícula, entre otros. En general, se aplican unos meses antes de la siembra para facilitar su solubilización y poseen un efecto residual, cuya duración varia y depende de los mismos factores mencionados anteriormente (Vázquez et al, 2012).

Dada la importancia y justificación expuesta alrededor del tema de la influencia de la acidez de suelos en la productividad de la alfalfa, la presente investigación tiene como objetivo, Evaluar el efecto de diferentes fuentes y dosis de enmienda sobre el rendimiento de alfalfa Moapa 69 (*Medicago sativa* L) Pasto, Nariño. Y a si definir qué enmienda es más eficiente y a qué edad la alfalfa brinda su máximo potencial, en el trópico alto de Nariño.

## Marco Referencial

### Origen de la alfalfa

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es originaria de Asia Menor y sur del Cáucaso, abarcando esta zona geográfica a Turquía, Irak, Irán, Siria, Afganistán, parte occidental de Pakistán y Cachemira (Ponce, 2014)

Es una especie forrajera muy importante en la alimentación del ganado en especial de producción lechera. La alfalfa se cultiva en una amplia variedad de suelos y climas. Se adapta a altitudes comprendidas entre 700 y 2800 msnm y 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. (Clavijo y Cadena, 2011).

### Caracteres morfológicos

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una planta perenne, de crecimiento erecto, tiene hojas trifoliadas, con un pedicelo intermedio más largo que los laterales, foliolos ovalados, generalmente sin pubescencia, con márgenes lisos y bordes superiores ligeramente dentados (Muslera y Ratera, 1991).

Los tallos son consistentes, delgados y erectos, los cuales soportan el peso de las hojas y de las inflorescencias, siendo esta especie adecuada para ser utilizada para corte, aunque también se puede utilizar al pastoreo (Box, 2005).

Las flores de la alfalfa son características de la subfamilia de las Papilionoideas, de color azul o púrpura, con inflorescencias en racimos que nacen en las axilas de las hojas. El fruto es una legumbre indehisciente, en espiral, sin espinas y que contiene entre 2 y 6 semillas amarillentas y arriñonadas, de 1.5 a 2.5 mm de longitud (Infoagro, 2015).

La raíz es pivotante y alcanza varios metros de longitud, con una corona, de la cual emergen los rebrotes, que dan origen a los nuevos tallos; las flores son de color azul o púrpura, dependiendo de la variedad (Del Pozo, 1983).

### **Importancia de la alfalfa**

En la mayoría de los países latinoamericanos y del mundo, los forrajes constituyen aproximadamente el 80 % del alimento consumido por los rumiantes durante su vida productiva. En México, la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa forrajera más utilizada para la alimentación del ganado lechero, en las regiones árida, semiárida y templada. Su importancia radica en la cantidad de forraje obtenido por unidad de superficie cultivada, valor nutritivo, aceptabilidad y consumo animal, ya sea en estado fresco, heno o ensilada. (Clavijo, E. y Cadena, P. 2011)

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es la leguminosa forrajera más utilizada en la alimentación del ganado. Su crecimiento, rendimiento de forraje y longevidad dependen en gran medida, del manejo la frecuencia e intensidad de defoliación. (Rivas, M et al., 2005) La alfalfa es un cultivo que permite aumentar la carga animal, mantener el stock, mejorar la ganancia en peso o el rendimiento en producción individual de leche. Además, se constituye en la base de la oferta forrajera con un forraje de calidad, es posible cosecharlo y conservarlo como reserva forrajera, no limita a los sistemas de alta productividad, reduce costos variables, aumenta la estabilidad de producción, y, bien manejado, no extrae del sistema uno de los recursos más escasos, como el nitrógeno edáfico, sino que, por el contrario, incorpora materia orgánica y recupera fertilidad del suelo. (Clavijo, E. y Cadena, P. 2011)

En Colombia que es un país esencialmente agrícola, porque del campo provienen la mayoría de sus recursos económicos. A medida que avanza industrialmente y crece su población,

se hace más grande la demanda de los productos agrícolas. El 25,7% del territorio arable de Colombia se dedica al cultivo de pastos introducidos y naturalizados (DANE, 2004). Sin embargo, la mayoría de estos terrenos presentan acidez, toxicidad debida al aluminio, deficiencias de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes, por estas razones se han hecho una serie de estudios para la rehabilitación de estos suelos usando fertilizantes inorgánicos, para ayudar a establecer los cultivos y mejorar la producción, pero el costo de los fertilizantes con frecuencia excede el beneficio que se le pueda sacar al cultivo utilizando esta clase de suelos. (Clavijo, E. y Cadena, P. 2011). La alfalfa es un recurso fundamental para la producción agropecuaria en las regiones del mundo por su adaptabilidad, su calidad nutritiva, producción de forraje, hábito de crecimiento, perennidad, plasticidad y capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico, la convierten en una especie esencial para muchos sistemas de producción agropecuaria, desde los intensivos a corral que la incluyen en la dieta animal como forraje cosechado y procesado.

Para las condiciones de Colombia, la planta logra un mejor desarrollo en suelos profundos casi neutros (pH 7), especialmente ricos en calcio, fósforo y potasio, bien drenados, bien aireados, de textura liviana o pesada y poco compacta. Se puede cultivar desde los 700 hasta 4.000 metros sobre el nivel del mar, en zonas con niveles de precipitación de 400 a 1.400 milímetros anuales y con temperaturas de entre 6 a 25 grados centígrados. Se recomienda especialmente, antes de sembrar, un previo análisis de suelos y sujetarse a sus resultados; después de la siembra, aplicar riego cada 7 ó 10 días para que produzca todo el año. Con varios usos. (Domínguez, 2002). Una vez establecido el cultivo, en los climas cálidos, un primer corte se le debe hacer a los 90 días de la siembra y en las zonas frías a los 120 días. Posteriormente, se pueden hacer cortes cada seis u ocho semanas, teniendo en cuenta cortar antes de que el cultivo alcance la plena floración. Por corte, el cultivo produce hasta 20 toneladas de forraje por

hectárea, que en fresco es apetecido por toda clase de ganado, lo mismo que por los cerdos. Por esto, se le conoce como la reina de las plantas forrajeras. (Domínguez, 2002).

### **Requerimiento de Suelos**

La alfalfa es una planta cuyo valor óptimo de pH se sitúa en la zona de neutralidad, tolera mejor la alcalinidad que la acidez (Musiera y Ratera, 1991). Sin embargo, cuando la alcalinidad alcanza valores altos, la disponibilidad de ciertos elementos, tales como el fósforo, hierro, manganeso, boro y zinc, es reducida, llegando en algunos casos hasta límites inadecuados para la vida de la planta (Rodríguez, 1989).

El aumento de salinidad en el suelo produce disturbios en el equilibrio entre raíz y partes aéreas, y por ello, aquellas plantas con mayor desarrollo radical aparecen como más resistentes a la salinidad, ya que las raíces alcanzan niveles del suelo donde la salinidad no es ya tan extrema y resulta más tolerable (Del Pozo, 1983; Rojas, 1993).

La acidez es probablemente uno de los factores que resultan de mayor trascendencia en la limitación al área de cultivo de la alfalfa en todo el mundo. El pH óptimo para el cultivo de la alfalfa sería de 7.2 (Musiera y Ratera, 1991), siendo necesario recurrir a encalados siempre que se estuviera por debajo de 6.8 (Soto et al., 2004). La acidez del terreno determina fundamentalmente (Del Pozo, 1983):

- La nodulación y, consecuentemente, la nutrición nitrogenada de la planta.
- La utilización del ión calcio.
- La absorción de los iones aluminio y manganeso, con los posibles efectos tóxicos que ocasiona un exceso de los mismos.

El *Rhizobium meliloti*, es la bacteria nodulante en la alfalfa, es una especie neutrófila que no se reproduce con pH inferior a 5 (Soto et al., 2004). Para pH inferiores a 6 conviene encalar

los suelos, cuando menos, cada dos años, con el objetivo de prolongar la vida del cultivo (Espinoza, y Ramos, 2001). Existe una cierta incompatibilidad, en relación a su absorción por las raíces de la alfalfa, entre los iones calcio, por un lado, y el aluminio y manganeso, por el otro, ya que la acidez del suelo se encarga de acentuar a favor de estos últimos, los cuales son tóxicos para la planta (Juncafresca, 1983; Del Pozo, 1983; Rodríguez, 1989).

La acidez provoca que no sobreviva y se multiplique el *Rhizobium meliloti* específico y no soporta el encharcamiento por largos periodos, por lo que se considera una especie muy sensible a la acidez del suelo. La temperatura óptima de crecimiento fluctúa entre los 15 y 25 °C durante el día y de 10 a 20 °C en la noche. Por la longitud y profundidad de sus raíces, es resistente a la sequía, ya que obtiene agua de las capas profundas del suelo (Hughes et al., 1980; Muslera y Ratera, 1991). Pertenece a la familia de las Fabaceae y tiene un notable consumo de Ca y Mg que, de contenerlos el suelo en proporciones suficientes para satisfacer sus requerimientos, es necesario solamente el agregar fertilizantes fosfatados y potásicos (Juncafresca, 1983).

La toxicidad por manganeso y aluminio, es una de las causas principales del pobre crecimiento de la alfalfa, afectando el desarrollo de sus raíces. Existe, además, una interacción negativa entre el fósforo y el aluminio, que hace que disminuya la cantidad de fósforo disponible, cuando el contenido de aluminio libre en el suelo es alto (Del Pozo, 1983). Según Soto et al (2004) los suelos ácidos es necesario aplicar cal y P con la finalidad de incrementar el rendimiento de forraje y su persistencia.

### **Manejo para el pastoreo**

Una adecuada estrategia de pastoreo debe utilizar este padrón para proveer forraje en cantidad y calidad aceptables mientras se mantiene un nivel de reservas suficiente para sostener

la productividad y la persistencia del alfalfar. En consecuencia, el momento óptimo para pastorear la alfalfa debería ser determinado por el estado de madurez del cultivo más que por la frecuencia de pastoreo (Rebuffo, 2005). Este manejo fisiológico es probablemente el factor de mayor importancia, afectando el vigor, productividad y persistencia de la alfalfa.

Se recomienda recorrer el cultivo periódicamente para observar el inicio del rebrote basal o el inicio de la floración, La floración tiene también sus limitaciones ya que sólo sirve como indicador en determinadas épocas del año y se produce después de no menos de 25 a 30 días de crecimiento activo. Las altas temperaturas disminuyen el número de días requeridos para alcanzar la floración por lo que durante la estación de crecimiento los intervalos entre cortes resultan muy irregulares. Sin embargo, ya que estos parámetros varían con las variedades y las condiciones ambientales durante el período de crecimiento. El desarrollo del rebrote basal ayuda a identificar el momento adecuado del pastoreo en las épocas como otoño y el inicio de la primavera que es cuando las plantas no florecen. Por su parte la aparición de botones florales es un claro indicador de la madurez del cultivo en plena primavera y verano. Teniendo en cuenta las variaciones del clima en un crecimiento natural de la alfalfa, el mejor criterio para definir el pastoreo es la combinación de estos indicadores (Rebuffo, 2005).

En un ensayo realizado por Zambrano et al. (1973) en Chorrillos – Lima con las variedades de alfalfa Moapa 69 y Santa Lucía, se evaluaron 5 épocas de corte, siendo éstas cada 25, 30, 35 y 40 días (sistema calendario), y cortes cuando las plantas presentaban rebrotes de 5 cm.

La gran mayoría de las pasturas basadas en alfalfa son utilizadas en pastoreo directo. El sistema de pastoreo continuo ha sido casi totalmente descartado, aumentando consecuentemente el uso del pastoreo rotativo. La importancia de proporcionar descansos a la alfalfa entre cortes ha

sido continuamente enfatizada en (9,36,45,40,63 días) aproximadamente y en ese sentido el pastoreo rotativo se adecua perfectamente al ciclo de la alfalfa (Romero, N, et al., 1995) La mayoría de los investigadores recomiendan que la alfalfa alcanza mayor producción y persistencia cuando es usada con un pastoreo rotativo que respete sus ciclos de crecimiento; no obstante, la magnitud de la respuesta productiva depende de factores como la carga animal, el cultivar utilizado, la intensidad y frecuencia de defoliación (Romero, N, et al., 1995). La recuperación de la alfalfa después del pastoreo difiere de lo que ocurre después del corte. La cosecha mecánica reduce el área foliar de manera drástica e instantánea y esto solo sucede con un pastoreo rotativo muy intenso. En un sistema racional de manejo, en el primer tercio del período de pastoreo, los animales despuntan los tallos, por lo que la defoliación es gradual, Las hojas remanentes tienen una importancia fundamental en la maduración de las yemas de la corona que darán origen al nuevo crecimiento (Romero, N, et al., 1995).

### **Relación hoja/tallo**

La madurez de la planta es el factor que más la afecta morfológicamente y determina la calidad del forraje. La pérdida de la calidad de un forraje con la madurez es el resultado de la disminución de la relación hoja/tallo y de la disminución de la calidad de los componentes del tallo (Nelson y Moser, 1994). Podemos decir que la mayoría de plantas forrajeras reducen su porcentaje de hojas a medida que envejecen, y que los tallos son de menor calidad que las hojas. Sin embargo, esta generalización no es universal. La calidad de los tallos comparada a la de las hojas, depende de la función de su estructura y de cada especie en particular. La reducción en calidad esta generalmente asociada a un incremento en la lignificación de los tejidos estructurales.

En *Medicago sativa* L, y especies arbustivas, los tallos son órganos estructurales y las hojas son órganos metabólicos. En algunas gramíneas a su vez, las hojas tienen una importante función estructural, por la lignificación de la vena central (Bocángel, 2006). Se sabe que las hojas tienen mayor valor nutritivo que los tallos. En consecuencia, cuanto mayor sea la proporción de éstas en relación a la cantidad de tallo, mayor será la calidad. La mayoría de los programas de mejoramiento por calidad forrajera no han seleccionado una mayor relación entre hoja/tallo. Por otro lado, al disminuir la proporción de tallos, sería esperable una disminución de los rendimientos totales de forraje; de todas formas, el rendimiento nutritivo final sería mayor. Las fracciones nutritivas más aprovechables (proteína, minerales e hidratos de carbono solubles) disminuyen su proporción al avanzar la madurez por la gradual disminución en el porcentaje de hojas. Los nutrientes de más difícil utilización (fibra cruda y lignina) se vuelven importantes hacia la madurez por el incremento en la proporción de tallos. Estos procesos simultáneos son los responsables de la variación de la digestibilidad al avanzar el ciclo vegetativo (Gallarino, 2008)

En el estudio de Romero C. y Levio, (2008) evaluó la evolución de la producción de materia seca y la relación hoja/tallo (como un estimador de la calidad) de cultivos de alfalfa trifoliados y multifoliados con distinto grado de reposo durante el primer año de producción. Las evaluaciones se efectuaron en las cuatro estaciones del año y para tres estados de crecimiento (temprano, medio y tardío) los que fueron definidos según los días de rebrote y la época de crecimiento. Utilizaron parcelas de 5 m<sup>2</sup>, realizándose los cortes a 5 cm de altura con una segadora mecánica. Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con mediciones repetidas en el tiempo de cortes. Se estimó la producción por hectárea a través del peso del material verde y se tomó una sub-muestra de cada parcela, la que se acondicionó para la estimación del % materia seca en estufa a 60° C durante 48 horas. Sobre un total de 20 tallos

maduros se realizó la separación de hoja trifoliada y multifoliada y tallo y se secó en estufa hasta peso constante para obtener la relación hoja/tallo y la proporción de hojas. En las que encontró diferencias significativas en producción de materia seca (MS) y en la relación hoja/tallo, entre estaciones del año (dado por una diferente tasa de crecimiento de la especie) y entre cortes a los distintos momentos, además de una interacción entre estaciones y cortes (Romero y Levio, 2008).

## Marco Conceptual

### Acidez del suelo

Los suelos ácidos se refieren aquellos que contienen un pH de valor inferior a 5,5 durante la mayor parte del año. Están asociados con un número de toxicidades (Aluminio) y deficiencias (Molibdeno) y otras condiciones restringentes para las plantas. Una gran parte de los suelos ácidos pertenecen a Acrisoles, Alisoles, Podzoles y sub grupos Dístricos de otros suelos. Un caso extremo de un suelo ácido es un suelo con ácido sulfato (FAO, 2019)

### pH

El pH significa potencial de hidrógeno (pondus hydrogenii) y nos da la concentración de hidrógeno en la solución del suelo. Este se mide en una escala que va de 1 a 14, donde siete significa un pH neutro. Cuando el pH es neutro, el contenido de hidrógeno (H<sup>+</sup>) en la solución del suelo es igual al contenido de hidróxidos (OH<sup>-</sup>). Cuando el pH está por abajo de siete, el suelo es ácido y, en la medida que el pH desciende, el suelo se va volviendo aún más ácido. Cuando el pH está por arriba de siete, el suelo es alcalino o básico y se volverá más alcalino en la medida que el pH se incrementa (Ramires, 2011).

### Ecuación 1. Cálculo de pH

$$pH = \log \frac{1}{(H^+)} = -\log(H^+) \quad (1)$$

El pH es un importante índice para diagnóstico del estado de disponibilidad de los nutrientes para las plantas. Aunque las especies de plantas cultivadas tienen ciertas diferencias en cuanto al pH en que se desarrollan mejor, se acepta que, en general, habrá mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas a pH del suelo entre 6.0 y 7.0

### **La Alcalinidad y/o Acidez**

Hace referencia a la abundancia de iones de hidrogeno en una disolución acuosa (en relación con los iones presentes en agua pura) (Marinez, Puentes, y Peña, 2014)

### **Cal**

Es un polvo de color blanco grisáceo, completamente estable a la intemperie. Su manejo no requiere de protección especial. La cal normalmente se aplica al aire libre incorporándola de inmediato al suelo. Se obtiene de la trituración y cribado de rocas calcáreas y minerales tipo calcitas que contienen carbonato de calcio, cuya fórmula química es  $\text{CaCO}_3$ . Se le considera una enmienda o “material encalante”, debido a que (si se aplica en la cantidad y forma apropiada) puede estabilizar los suelos ácidos en los niveles óptimos de pH que requiera un cierto cultivo. (Aguilar, Aldana, Zuniga, y Garcia 2018).

### **Dolomita**

Es un carbonato doble de calcio y magnesio, su fórmula química es  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , fue descubierto en 1788/1789 por el geólogo y Mineralogista francés Déodat de Dolomieu, y en cuyo honor se le da el nombre de Dolomita al mineral. Por lo general este mineral reacciona levemente al aplicársele ácido clorhídrico diluido al 5% pero en forma distinta que el carbonato de calcio puro. La dolomita es más que una simple variante de caliza, contiene el 30.41% de  $\text{CaO}$ , 21.86% de  $\text{MgO}$  y el 47.73% de  $\text{CO}_2$ , en su forma más pura. en la agricultura, la dolomita al igual que la calcita, es una fuente de magnesio y calcio que constituye un fertilizante indispensable al modificar el ph del suelo, logrando regular su acidez, mejorándolo e incrementando el rendimiento de los cultivos (Coordinación general de minería, 2014)

**Yeso**

Es un mineral muy suave compuesto por sulfato de calcio di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). (Intagri, 2015). Se utiliza en agricultura como enmienda y mejorador del suelo, fuente de calcio y azufre que aumentan el crecimiento de las raíces, mejoran el ambiente radicular y mantienen el pH del suelo en condiciones de óptima fertilidad. Como consecuencia, las raíces crecen más fuertes y a mayor profundidad y con ello se consigue aprovechar mejor el agua disponible en las capas inferiores del suelo (Yemaconsa, 2019).

**Alfalfa Variedad Moapa 69**

Es una variedad que se adapta bien a alturas entre 2200 a 3200 m.s.n.m. tiene buena tolerancia a la sequía. Su duración varía entre 6 a 7 años, puede alcanzar una producción de 60 a 80 toneladas de forraje verde por año, es mayormente usada para corte o pastoreo. (Impulse semillas, 2019).

## Metodología

### Selección y localización

El experimento se llevó a cabo en el periodo comprendido de agosto de 2019 a febrero del 2020 dentro del Centro de Investigación de AGROSAVIA, corregimiento de Obonuco, ubicado en el kilómetro 5 vía Pasto, departamento de Nariño, a 2710 msnm, con una precipitación promedio anual de 840 mm, y una temperatura promedio de 13°C. (Genoy et al, 2013). En el lote 14 el cual se seleccionó teniendo en cuenta la ubicación, características físico - químicas del suelo, su topografía además del fácil acceso durante el periodo de evaluación y fuentes hídricas disponibles.

### Descripción de tratamientos

Se evaluó los siguientes factores, fuentes (Cal dolomita, cal agrícola y yeso) y dosis (Tabla 1) de enmienda bajo tres edades de corte (30,35, y 40) días. Los tratamientos evaluados resultaron de la interacción de los factores anteriores.

**Tabla 1.**

*Descripción de fuentes*

Fuente	Descripción de las fuentes	Localidad
		Dosis (t.ha-1) Pasto
<b>CD:</b> cal dolomita (CaCO <sub>3</sub> MgCO <sub>3</sub> )	D0: (Testigo)	0
	D1: Según análisis químico de suelo (Normal)	2,5
	D2: 1/2 D2 (Media)	1,25
	D3: 1 (Alta)	3,4
<b>CA:</b> cal agrícola (CaCO <sub>3</sub> )	D0: (Testigo)	0
	D1: Según análisis químico de suelo (Normal)	1,5
	D2: 1/2 D2 (Media)	0,75
	D3: 1 (Alta)	3,4
<b>YA:</b> yeso agrícola (CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O)	D0: (Testigo)	0
	D1: Según análisis químico de suelo (Normal)	2,5
	D2: 1/2 D2 (Media)	1,25

D3: 1 (Alta)

3,4

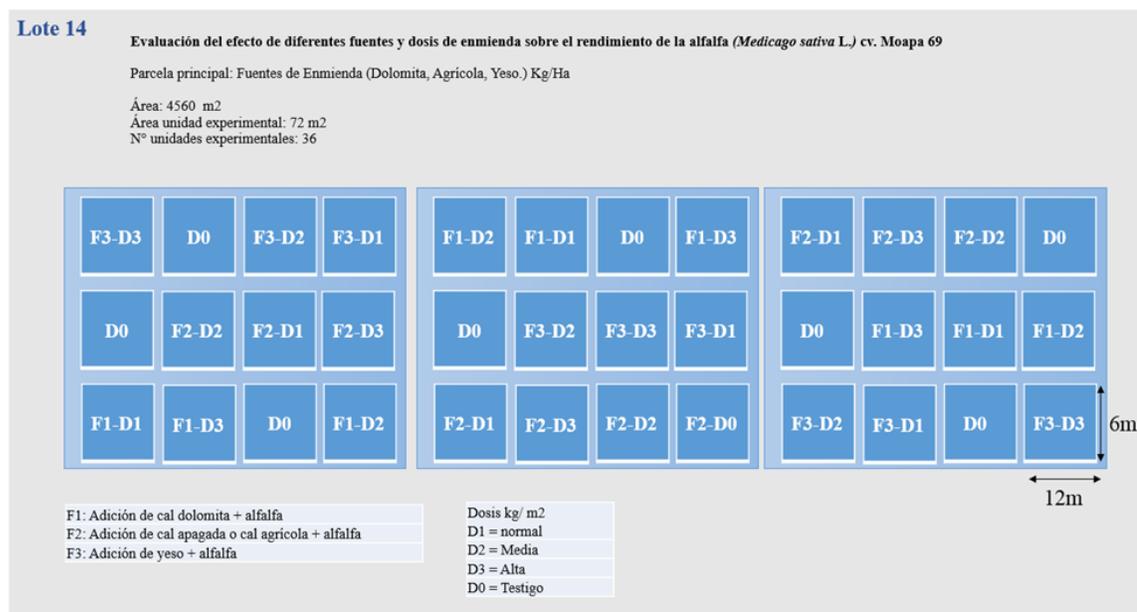
Fuente: Elaboración propia

### Área experimental y tratamientos

Se realizó un experimento de campo, de 48m de ancho x 95m de largo (4560 m<sup>2</sup>). El experimento estaba compuesto por 36 unidades experimentales, cada una de 12m de ancho x 6m de largo (72 m<sup>2</sup>). Los 3 bloques estaban separados por 2m y entre parcelas de mismo bloque separación de 1m. Cada parcela con 30 surcos los cuales estaban separados cada 0,3m. Como se muestra en la figura 2.

### Figura 1.

*Mapa de campo de las 36 Unidades experimentales en el C.I. Obonuco*



Fuente: Elaboración propia

## **Semilla**

La semilla para estos experimentos fue de origen comercial, certificada para los tratamientos de propagación sexual, densidad de siembra de 15 Kg/ha y porcentaje de germinación del 85%.

## **Fase de establecimiento**

### *Preparación suelo*

El terreno se desbrozó para eliminar los residuos de cosechas anteriores, se preparó con dos pases de cincel vibratorio y se realizó aplicación de un herbicida Roundup con ingrediente activo glifosato en dosis de 200 ml/bomba, 5 días antes del pase de la desbrozadora.

### *Aplicación de cal*

La determinación de las dosis de cal para el establecimiento de los tratamientos se realizó con base en la metodología propuesta por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (2009), la cual consiste en conocer la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y el porcentaje de saturación de bases actual. A continuación, se presenta la siguiente formula:

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) \times CIC}{100} \times F$$

Donde:

NC: necesidades de cal

V1: saturación de base actual

V2: saturación de base que se quiere obtener (Tabla 1)

CIC: capacidad de intercambio catiónico

F: 100 / PRNT

PRNT: valor de neutralización (viene en la etiqueta de las bolsas de cal = 90)

**Figura 2.***Valor neutralizante de enmiendas*

Tipo de enmienda	Valor neutralizante (%)
Carbonato de calcio	100
Oxido de magnesio	248
Oxido de calcio	179
Hidróxido de magnesio	172
Hidróxido de calcio	138
Carbonato de magnesio	119
Oxido de magnesio	248
Dolomita	109
Silicato de magnesio	100
Silicato de calcio	86

Fuente: Tomada de Demanet (2017)

***Fertilización***

La formulación del plan de fertilización se realizó con base en los requerimientos nutricionales de la especie para una producción > 9 t MS/ha (Tabla 2) y el análisis de suelos (Tabla 3). Posteriormente, se fraccionó la fertilización en tres para aplicar un total de 621,02 kg de urea, 67,93 kg de DAP y 224,05 kg de KCl

**Tabla 2.***Requerimientos nutricionales de la Alfalfa*

Producción (t MS/ha)	Nutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	( kg/ha)					
> 9	227	25	205	99	17	18
9 a 11,2	253	32	270	121	21	22
11,2 a 13,4	351	38	315	148	27	28
13,4 a 15,7	418	45	451	187	34	38
15,7 a 17,9	480	53	451	187	34	38
> 17,9	559	61	524	226	39	47

Fuente: Tomada de Lanyon y Griffith (1998).

**Tabla 3.***Análisis químico del suelo*

pH	MO (%)	P (mg/kg)	Ca	Mg	K	Al	CICE	B	Cu	Mn	Fe	Zn
			(meq/100g)					(ppm)				
5,8	5,1	13,9	8,1	1,9	0,6	1,01	10,9	0,4	4,8	12,8	796,9	3,6

Fuente: Elaboración propia

***Fertilización de mantenimiento***

Teniendo en cuenta los requerimientos y ciclos de corte se realizó una fertilización completa de elementos mayores y menores después de cada ciclo de corte.

***Manejo de arvenses***

Durante el periodo de emergencia y después de la siembra (30 y 60 días), se realizó control manual de las siguientes arvenses: Kikuyo [*Cenchrus clandestinus* (Hochst. ex Chiov.)], Lengua de vaca (*Rumex crispus*) y Corazón herido (*Polygonum nepalense*).

***Establecimiento.***

Se realizó la selección del lote el cual tenía un año aproximadamente de haber sido sembrado. El lote donde se inició el experimento fue previamente preparado y sembrado aproximadamente en mayo del 2018. Se realizó el corte de uniformización el día 29 de agosto de 2019, para dar inicio a las evaluaciones en campo cada 30, 35 y 40 días y a partir de la fecha se programaron los tres ciclos de corte.

**Tabla 4.**

*Tratamientos Experimentales evaluados bajo el efecto de enmienda sobre la alfalfa (Medicago sativa L.) Cv. Moapa 69*

<b>Tratamiento (Tto)</b>
T1 = CD + D0

$$T2 = CD + D1$$

$$T3 = CD + D2$$

$$T4 = CD + D3$$

$$T5 = CA + D0$$

$$T6 = CA + D1$$

$$T7 = CA + D2$$

$$T8 = CA + D3$$

$$T9 = YA + D0$$

$$T10 = YA + D1$$

$$T11 = YA + D2$$

$$T12 = YA + D3$$

Fuente: Elaboración propia

### **Variables evaluadas**

Las variables que se evaluaron durante la fase productiva que se llevó a cabo según la metodología del Manual para la evaluación agronómica de forrajes del CIAT (Toledo,1982) y según (Odorizzi, 2015).

### **Fase productiva**

Durante cada ciclo productivo compuesto por las edades de corte 30, 35 y 40 días, se determinó el vigor, Altura (cm), Relación H/T, Deficiencia, Plaga y Enfermedades Cobertura (%), Forraje verde (t/ha), Materia seca (t/ha), Proteína cruda (%) Proteína A, Proteína B, Proteína C, Fibra detergente acida, Lignina, Hemicelulosa, Digestibilidad, Energía neta de lactancia, Calcio

### ***Vigor***

Mediante la valoración visual de la altura, ancho de la hoja, número de hojas y grosor del tallo de la planta. Usando una escala de uno a cinco donde, cinco corresponde a la escala de excelente vigor y uno a bajo vigor.

### ***Cobertura (%)***

En porcentaje medido con un marco de 1m<sup>2</sup>, este se colocará sobre la unidad experimental, preferiblemente sobre el área que represente el estado fenológico y de desarrollo del 50% de la población.

La cobertura se estimará según la proporción aparente (%) en que la alfalfa cubra el área del marco.

### ***Cobertura de arvenses (%)***

Esta variable es una complementación de la anterior, ya que el porcentaje de cobertura que las malezas ejercen sobre una especie forrajera, nos indica si esta especie es viable o no en la zona, es decir si es capaz de competir con las arvenses que se encuentran presentes en los potreros de los productores ganaderos. Para la medición de esta variable se usó el marco de 1 m<sup>2</sup>, en donde se estimó el porcentaje de cobertura de arvense.

### ***Altura de planta (H)***

Después del primer corte de uniformización y con una periodicidad de (30, 35, 40) días, las evaluaciones de crecimiento se realizarán tomando y registrando la altura de por lo menos tres (3) plantas seleccionadas al azar en cada unidad experimental y sacar un promedio por parcela.

### ***Relación hoja/tallo (RHT)***

La determinación del cociente entre el peso seco de las fracciones hoja (folíolos, pecíolos, estípulas, etc.) y tallo se realizó para edad de corte (30, 35 y 40 días) durante tres ciclos productivos; se usa una muestra de tallos por parcela que, luego de secada en estufa, se separa en hojas y tallos y se pesa cada fracción. Como se describe en la ecuación 2

**Ecuación 2. Relación tallo/hoja**

$$H:T = \frac{H}{T} \quad (2)$$

Dónde:

H:T = Relación Hoja: Tallo

H = Peso seco del componente hoja

T = Peso seco del componente tallo

***Deficiencias nutricionales.***

La evaluación de deficiencias nutricionales se realizará en una escala de 0 a 5; siendo 0 sin deficiencia nutricional y 5 con deficiencia nutricional severa. Este proceso se realizará para cada una de las edades de corte, en tres plantas seleccionadas al azar en cada unidad experimental.

***Plagas y enfermedades:***

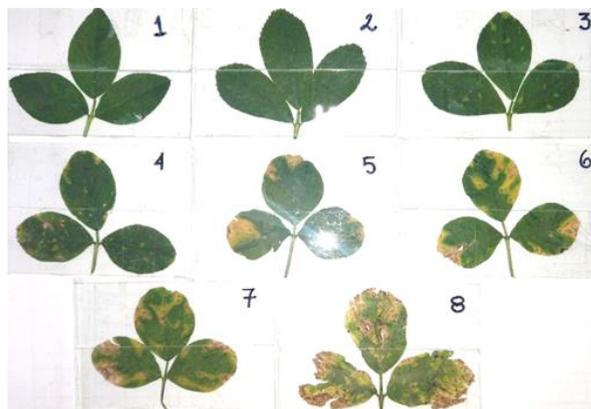
Donde la incidencia de plagas va de 0 -100% y la severidad de enfermedades de 1 a 8 siendo 1 el menor grado de afectación afectado.

**Figura 3*****Escala de incidencia de plagas***

Fuente: Tomada de Di Piero (2003).

## Figura 4

### *Escala de enfermedades*



Fuente: SENASA (2017)

### *Determinación de pH*

La determinación de pH se realizó con base en la metodología propuesta Delgado Chaves (2015). En cada unidad experimental se tomaron dos muestras de suelo a diferentes profundidades (0-15 cm y 15-30 cm).

### *Producción de forraje Verde*

Después del primer corte de uniformización, se realizó la determinación del forraje verde a los 30, 35 y 40 días después de corte, estas edades se definieron de acuerdo a las fases fenológicas de pre-botón, botón y ante de la floración.

Cada evaluación se realizó mediante corte manual a 5 cm de altura sobre el suelo, con un marco de 1 m<sup>2</sup>, pesando y registrando las producciones inmediatamente después del corte. De estas muestras se tomó una sub muestra de 500g de hojas y 500g de tallos para llevar al laboratorio donde 350g se destinarán a análisis bromatológico con la metodología de NIRS y 150g para la relación H/T de Materia seca.

### ***Producción de materia seca***

Una vez obtenida la sub muestra de 350 g de forraje verde de cada tratamiento, se introdujeron a la estufa de secado a una temperatura de 60 a 80 o C, durante 72 horas. La sub - muestra seca se pesará con el fin de obtener el contenido de materia seca por unidad de área.

### ***Rendimiento Materia Seca***

Ecuación 3. Rendimiento de materia seca

$$(\text{T. ha} - 1) = \frac{[(\text{Peso fresco muestra x parcela (g)} \times (\text{peso (g) muestra seca/peso (g) muestra fresca})]}{[(\text{Área de parcela (m}^2) \times 10)]}$$

### ***Precipitación y Temperatura***

Se realizó la toma de información semanal de variables climáticas, (precipitación y temperatura).

### ***Calidad composicional***

Bromatológico: Se determinó en tres edades de corte (1, 2 y 3 ciclo de corte) por cada edad de corte (30, 35 y 40) días, las muestras compuestas de 350 g por parcela, secadas en estufa a 65 °C hasta peso constante, destinadas previamente a determinar la MS; para determinar la calidad nutricional con base en el método de NIRS propuesto por Ariza et al., (2017).

### **Diseño experimental**

El área donde se llevó a cabo el experimento fue de 4560m<sup>2</sup>, en la cual se distribuyeron los tratamientos (12) con tres replicas. El diseño experimental que se utilizó fue de bloques completos al azar con un arreglo factorial 3 x 4 (3 fuentes de enmienda x 4 dosis) con tres repeticiones por tratamiento. El tamaño de cada unidad experimental fue de 12m x 6m, para un total de 72m<sup>2</sup> con un total de 36 unidades experimentales.

Los datos se analizaron a través del software estadístico R V.3.6.2 (R Development Core Team, 2018), mediante el paquete agricolae (Mendiburu, 2017); se realizó un análisis de

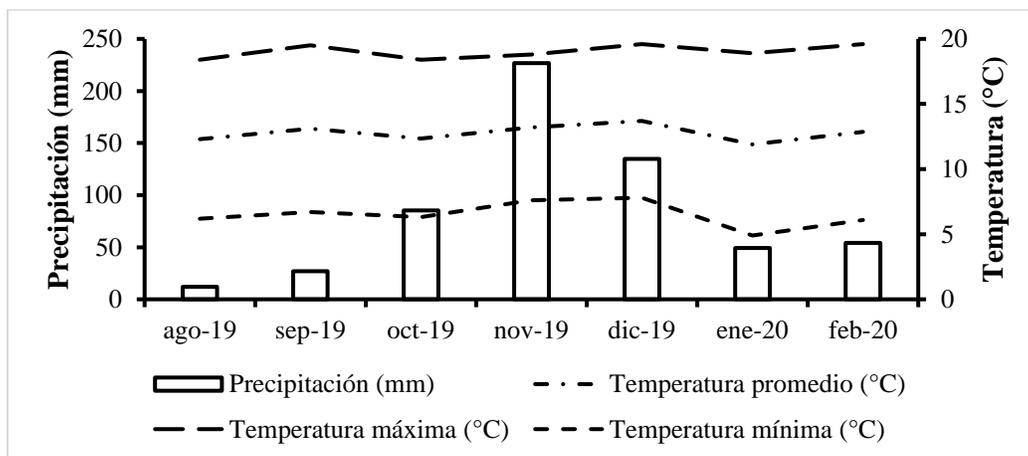
varianza (ANOVA) para las variables de estudio acompañado de la prueba de comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## Resultados y discusión

Para este estudio se llevó un registro del comportamiento de las precipitaciones comprendidas entre el periodo de agosto 2019 a febrero 2020, como se muestra en la figura 5 el registro de la estación meteorológica Vintage pro 2, ubicada en el centro de investigaciones Obonuco de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Pasto - Nariño.

**Figura 1**

*Precipitación acumulada de octubre de 2018 hasta marzo de 2019*



Fuente: Tomada de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Pasto, Nariño

### Variables de adaptación

Para las variables de adaptación (vigor, plagas, enfermedades y deficiencia nutricional) a los 30 días, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) como se indica en la tabla 5 para ninguna de las variables antes mencionadas, el vigor se mantuvo entre bueno, intermedio y excelente para la mayoría de los tratamientos, para la variable de plagas la incidencia se mantuvo baja para esta edad, presentándose valores de 0 a 10% de daño según la escala de evaluación, en

cuanto a la severidad de enfermedades la mayoría de los tratamientos no presentaron una severidad superior al 10% de área foliar infectada. Para la variable incidencia a enfermedades el 85 % de todos los tratamientos no presentaron incidencia a enfermedades, pero el T10, se manifestó con un 11,1% de incidencia dentro del 15 % de incidencia de todos los tratamientos; por otro lado, no se manifestó deficiencia nutricional en los tratamientos. En la tabla 4 se muestra Variables de adaptación (vigor, plagas, enfermedades y deficiencia nutricional), evaluadas bajo el efecto de enmienda sobre la alfalfa (*Medicago sativa* L.) Cv. Moapa 69, a la edad de 30 días, en Pasto, Nariño, Colombia. 2019- 2020.

**Tabla 5.**

*Variables de Adaptación*

Vigor	Incidencia de plagas	Severidad de enfermedades	Incidencia de enfermedades	Deficiencia nutricional
Excelente	1 (Sin daño)	0 (Ningún síntoma de la enfermedad visible)	0%	1 (Ausencia de deficiencia)
Bueno	2 (1 - 10% Plantas afectadas)	1 (1 - 5% del área foliar infectada)	10% 20%	2 (Deficiencia leve)
p=0,368	p=0,704	p=0,428	p=0,644	p=0,0

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 5 las variables vigor, incidencia de plagas y deficiencias nutricionales de los 12 tratamientos evaluados a la edad de 35 días no presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), a diferencia de las variables de severidad e incidencia de enfermedades las cuales presentaron diferencias significativas en los tratamientos ( $p < 0,05$ ) lo que demuestra que lo observado en estas variables se debe en gran medida al efecto de los tratamientos. El vigor se mantuvo en la escala intermedio con el 5,6%, bueno con el 42,6% y excelente con el 51,9% de los tratamientos, en cuanto a la incidencia de plagas el 26,9% de los tratamientos no presentaron

daños y el 73,1 % tuvieron afecciones del 1-10%; la variable de deficiencia no se manifestó en ninguno de los tratamientos.

Con respecto a severidad a enfermedades los tratamientos que mayor severidad alcanzaron en la escala de 1 a 10 % de área foliar infectada fueron T4, T5, T6, T7 y T8; para la escala del 11-20% de área foliar infectada fueron T1, T3, T10 y T12 respectivamente y para 21-30% del área folia infectada fueron T2, T9, T12. Para la variable de incidencia a enfermedades el 88,9 % de todos los tratamientos presentaron incidencia a enfermedades donde el T12 resalto por presentar un mayor % de incidencia en el 10% y el 11,1% no presentó incidencia a enfermedades. Los bajos porcentajes indican un buen grado de adaptación a las condiciones ambientales y de manejo brindadas.

Por otro lado, con respecto a la severidad a enfermedades el mejor comportamiento se evidenció en aquellos tratamientos con cal dolomita, Basigalup (2007), afirma que uno de los factores que afecta la productividad y persistencia del cultivo de alfalfa son las enfermedades causando un daño al cultivo provocando pérdidas económicas directas: menores rendimientos por disminución del vigor o muerte de plantas, y pérdidas de calidad por manchas foliares y/o defoliación; e indirectas: disminución del valor nutricional del forraje por presencia de micotoxinas, menor nodulación y consecuente menor fijación de nitrógeno, mayor susceptibilidad al ataque de insectos, menor capacidad competitiva frente a malezas, entre otros.

Por lo anterior (Altier, Rebuffo, 2010), mencionan que una de las estrategias para el manejo de las enfermedades es la evaluación de resistencia genética, es decir, la utilización de especies o cultivares que han generado resistencia, las leguminosas son especies de polinización cruzada altamente heterocigotas y de amplia diversidad genética y han desarrollado cierta resistencia a enfermedades. En este sentido, se explica la baja presencia de daño causado por

enfermedades, el DANE, 2014 mencionan que aplicar cal al suelo, mínimo seis semanas antes de la siembra, con el fin de ajustar el pH del suelo de 7 a 7,5 puede llegar a inactivar los hongos patógenos. Finalmente se destaca el comportamiento de los tratamientos con cal dolomita quienes presentaron menor incidencia y severidad de enfermedades.

**Tabla 6.**

*Variables de adaptación (vigor, plagas, enfermedades y deficiencia nutricional)*

Vigor	Incidencia de plagas	Severidad de enfermedades	Incidencia de enfermedades	Deficiencia nutricional
Excelente	1 (Sin daño)	0 (Ningún síntoma de la enfermedad visible)	0%	1 (Ausencia de deficiencia)
Bueno	2 (1 - 10% Plantas afectadas)	1 (1 - 5% del área foliar infectada)	10%	2 (Deficiencia leve)
			20%	
p=0,172	p=0,713	p=0,014	p=0,002	p=0,0

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 6 las variables de vigor, incidencia de plagas, severidad e incidencia de enfermedades y deficiencia nutricional de los 12 tratamientos evaluados a la edad de 40 días no presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) El vigor se mantuvo en una escala excelente para el 37% de los tratamientos, contrario al 51,9% que se mantuvo en una escala de bueno y el 11,1 % presentaron un vigor intermedio. No se identificó un porcentaje alto de ataque de plagas ya que la mayoría de tratamientos (96,3%) se mantuvieron en una escala de 1 a 10% de las plantas afectadas por plagas. La variable severidad de enfermedades presento un comportamiento bueno donde la mayoría de los tratamientos (92,6%) se mantuvieron en una escala de 1 – 10% y de 11-20% del área foliar infectada, en cuanto a las deficiencias nutricionales el 100% de los tratamientos no presentaron deficiencias nutricionales.

**Tabla 7.**

*Variables de adaptación (vigor, plagas, enfermedades y deficiencia nutricional)*

<b>Vigor</b>	<b>Incidencia de plagas</b>	<b>Severidad de enfermedades</b>	<b>Incidencia de enfermedades</b>	<b>Deficiencia nutricional</b>
Excelente	(Sin daño)	0 (Ningún síntoma de la enfermedad visible)	0%	1 (Ausencia de deficiencia)
Bueno	(1 - 10% Plantas afectadas)	1 (1 - 5% del área foliar infectada)	10%	2 (Deficiencia leve)
Intermedio	(11 - 25% Plantas afectadas)	2 (6 - 10% del área foliar infectada)		3 (Deficiencia moderada)
	(26 - 40% Plantas afectadas)			
P= 0,225	P=0,083	P= 0,984	P= 0,836	P= 0,0

Fuente: Elaboración propia

### **Variables de pH**

La variable de pH no presentó diferencias estadísticas para los diferentes tratamientos en cada una de las profundidades (tabla 7). Por esta razón se analizó el efecto de cada uno de los factores por separado, donde el factor fuente presentó diferencias significativas destacando el comportamiento de la Cal dolomita quien obtuvo un pH medio de 5,84 a una profundidad de 10-15cm y de 5,73 para la profundidad de 15-30cm con respecto a las demás fuentes Demanet R. (2017) afirma que la aplicación de cal dolomita presenta un movimiento de pH a partir de la aplicación de 1 ton de cal dolomita/ha permite un incremento de 0,18 puntos de pH, debido al mayor contenido de carbonato que posee esta enmienda.

Lo que se corrobora con lo mencionado por Estrada, 2002; Carvajal y Gómez, 2016; mencionan que este comportamiento posiblemente se deba a que la cal dolomita ayuda a reducir la acidez de los suelos al aumentar las unidades de pH, estos productos disueltos en el suelo

producen iones  $\text{OH}^-$  los que al combinarse con el  $\text{H}^+$  los neutraliza y al reaccionar ambos producen  $\text{H}_2\text{O}$ , los  $\text{OH}^-$  reaccionan también con el  $\text{Al}^{+++}$  en la solución del suelo precipitándolo como  $\text{Al}(\text{OH})_3$ .

De esta forma el  $\text{Al}^{+++}$  queda inerte. En un estudio realizado por Carvajal y Gómez (2016), quienes obtuvieron incrementos de 0,37 puntos en el pH a los 80 días después de la siembra (de 5,62 a 5,99), con la aplicación de  $3 \text{ t ha}^{-1}$  de cal dolomita demuestras que existe una clara influencia de la aplicación de cal sobre el incremento de pH en el suelo.

Para el factor dosis no se presentaron diferencias significativas en ningunas de las profundidades evaluadas esto se puede explicar al tiempo de asimilación debe ser mayor a un año para ver que el efecto se destaque más y por tanto existan diferencias significativas, Según Demanet R, (2017) la aplicación de una tonelada de cal/ha genera un incremento teórico de 0,15 puntos de pH en un periodo superior a un año.

### Tabla 8.

*Valores promedio de pH en suelos sometidos a enmiendas en el C.I Obonuco. Pasto*

pH														
Tratamientos														
Profundidad	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	EE±	P
10-15cm	5,80	5,95	5,90	5,76	5,67	5,79	5,70	5,68	5,70	5,77	5,63	5,68	0,02	0,148
15-30cm	5,70	5,77	5,77	5,68	5,58	5,69	5,64	5,75	5,63	5,63	5,52	5,57	0,02	0,577
Fuentes					Dosis									
Profundidad	CD	CA	YA				Profundidad	D0	D1	D2	D3			
10-15cm	5,84a	5,77ab	5,69b				10-15cm	5,71	5,84	5,74	5,79			
15-30cm	5,73a	5,67ab	5,59b				15-30cm	5,64	5,7	5,65	5,66			

Fuente: Elaboración propia

### Variables fenológicas

Las condiciones agroecológicas de la zona, el tipo de fuente y dosis de cal influyeron en la producción y contenido nutricional de la alfalfa, generando comportamientos diferentes en algunas variables a la edad de los 30 días, como se observa en la tabla 8. Donde el T12 y T10 presentaron los mejores resultados para la variable de MS con un valor promedio de 3,95 y 3.87 ( $t\cdot ha^{-1}$ ). Baquero et al., (2018) afirman que la aplicación de yeso agrícola contribuye al crecimiento de raíces lo que permite que las plantas aprovechen una mayor cantidad de agua y nutrientes del subsuelo, aumentando sus rendimientos.

Por otro lado, las variables Cobertura, Altura, Relación H/T, FV, MS no presentaron diferencias estadísticamente significativas para la interacción de los dos factores, por esta razón se analizó el efecto de cada uno de los factores por separado, donde el factor fuente presentó diferencias significativas para las variables Alt donde el yeso agrícola se destacó con un valor de 57,24 cm y MS con 3,49 ( $t\cdot ha^{-1}$ ). Pérez, (2016) y Silva et al. (2019) argumentan que esta fuente permite una mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo, lo que permite incrementar la altura del forraje.

#### Tabla 9.

*Valores medios para variables fenológicas evaluadas en los diferentes tratamientos a la edad de 30 días*

Tto	Variables							
	Cob (%)	Alt (cm)	Kikuyo (%)	LV (%)	CH (%)	H/T	FV ( $t\cdot ha^{-1}$ )	MS ( $t\cdot ha^{-1}$ )
T1	93,30	54,02	2,50	3,00	1,33	0,94	16,95	2,34 <sup>b</sup>
T2	93,80	54,45	3,33	3,11	2,11	0,93	17,68	3,26 <sup>ab</sup>
T3	92,60	54,44	5,33	2,55	2,22	1,03	18,07	2,42 <sup>b</sup>
T4	94,90	54,48	2,88	2,55	1,44	0,93	17,3	2,97 <sup>ab</sup>

T5	93,30	54,82	5,11	2,44	1,66	1,41	16,12	2,90 <sup>ab</sup>
T6	94,80	54,4	3,77	4,11	2,44	0,92	16,55	2,25 <sup>b</sup>
T7	94,30	56,25	4,00	3,44	2,33	1	19,09	2,63 <sup>b</sup>
T8	94,80	56,41	2,88	3,77	1,33	0,95	17,85	2,20 <sup>b</sup>
T9	93,70	57,89	4,44	3,55	1,77	1,02	17,25	2,96 <sup>ab</sup>
T10	94,00	57,17	4,22	2,88	2,33	0,98	17,99	3,87 <sup>a</sup>
T11	94,20	58,44	4,44	2,66	2,88	1,31	16,8	3,20 <sup>ab</sup>
T12	92,80	55,48	3,88	2,33	2,77	0,96	18,16	3,95 <sup>a</sup>
EE±	0,40	0,39	0,39	0,39	0,24	0,04	0,32	0,08
Valor-P	0,953	0,755	0,456	0,691	0,989	0,390	0,720	0,002
<b>Fuentes</b>								
	<b>Cob</b>	<b>Alt</b>	<b>Kikuyo</b>	<b>LV</b>	<b>CH</b>	<b>H/T</b>	<b>FV</b>	<b>MS</b>
	<b>(%)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>		<b>(t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(t.ha<sup>-1</sup>)</b>
CD	93,63	54,35 <sup>b</sup>	3,50	2,80	1,77	0,96	17,50	2,74 <sup>b</sup>
CA	94,3	55,47 <sup>ab</sup>	3,80	3,44	1,94	1,07	17,40	2,49 <sup>b</sup>
YA	93,66	57,24 <sup>a</sup>	4,13	2,86	2,44	1,07	17,55	3,49 <sup>a</sup>
<b>Dosis</b>								
	<b>Cob</b>	<b>Alt</b>	<b>Kikuyo</b>	<b>LV</b>	<b>CH</b>	<b>H/T</b>	<b>FV</b>	<b>MS</b>
	<b>(%)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>		<b>(t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(t.ha<sup>-1</sup>)</b>
D0	93,44	55,58	3,50	3,00	1,59	1,13	16,77	2,73
D1	94,18	55,34	3,70	3,37	2,29	0,94	17,41	3,13
D2	93,7	56,38	4,50	2,88	2,48	1,12	17,99	2,75
D3	94,14	55,46	3,50	2,88	1,85	0,95	17,77	3,04

Fuente: Elaboración propia

Para la edad de 35 días las variables fenológicas no presentaron diferencias significativas tanto para los tratamientos como para cada uno de los factores como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 10.**

*Valores medios para variables fenológicas evaluadas en los diferentes tratamientos a la edad de 35 días*

<b>Variables</b>								
<b>Tto</b>	<b>Cob</b>	<b>Alt</b>	<b>Kikuyo</b>	<b>LV</b>	<b>CH</b>	<b>H/T</b>	<b>FV</b>	<b>MS</b>
	<b>(%)</b>	<b>(cm)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>		<b>(t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>(t.ha<sup>-1</sup>)</b>
T1	96,60	62,94	0,66	2,00	0,11	0,97	16,35	2,42

T2	97,00	63,86	0,66	1,88	0,44	0,93	17,40	2,73
T3	96,20	65,17	1,11	1,88	0,55	1,01	18,06	2,88
T4	97,90	64,98	0,44	1,66	0,00	0,95	17,48	2,53
T5	96,00	64,77	0,55	2,66	0,77	1,00	17,62	2,83
T6	98,00	62,46	0,00	2,66	0,22	0,92	16,34	2,56
T7	98,70	67,88	0,22	2,11	0,11	1,03	16,51	2,62
T8	98,80	65,28	0,00	1,66	0,33	0,98	16,94	2,65
T9	97,40	65,16	0,66	2,44	1,33	0,99	17,91	2,96
T10	97,70	67,64	0,11	2,33	0,22	0,97	18,20	2,92
T11	96,40	67,34	0,00	2,11	0,22	0,96	16,54	2,92
T12	97,20	66,90	1,33	1,11	0,33	0,94	20,23	3,37
EE±	0,3	0,57	0,11	0,14	0,10	0,01	0,47	0,08
Valor-P	0,573	0,847	0,199	0,955	0,319	0,792	0,885	0,738

#### Fuentes

	Cob (%)	Alt (cm)	Kikuyo (%)	LV (%)	CH (%)	H/T	FV (t.ha <sup>-1</sup> )	MS (t.ha <sup>-1</sup> )
CD	96,91	64,24	0,72	1,66	0,27	0,97	17,32	2,64
CA	97,86	65,10	0,19	1,66	0,36	0,98	16,85	2,67
YA	97,19	66,76	0,52	1,11	0,52	0,97	18,22	3,04

#### Dosis

	Cob (%)	Alt (cm)	Kikuyo (%)	LV (%)	CH (%)	H/T	FV (t.ha <sup>-1</sup> )	MS (t.ha <sup>-1</sup> )
D0	96,66	64,29	0,62	2,37	0,74	0,99	17,29	2,74
D1	97,55	64,65	0,25	2,29	0,29	0,94	17,31	2,74
D2	97,11	66,80	0,44	2,03	0,29	1,00	17,03	2,81
D3	97,96	65,72	0,59	1,48	0,22	0,96	18,22	2,85

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte para las variables fenológicas a la edad de 40 días descritas en la tabla 10 no se presentaron diferencias significativas para los tratamientos pero si para el factor fuente donde la variable de MS (t.ha<sup>-1</sup>) presento un valor medio de 3,94 bajo la influencia de la Cal dolomita destacándose entre las otras fuentes respectivamente.

### Tabla 3.

Valores medios para variables fenológicas evaluadas en los diferentes tratamientos a la edad de 40 días

Variables								
Tto	Cob	Alt	Kikuyo	LV	CH	H/T	FV	MS

	(%)	(cm)	(%)	(%)	(%)		(t.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )
T1	96,60	65,95	1,66	2,33	2,55	1,01	18,91	3,75
T2	97,00	67,36	1,55	2,88	2,77	0,98	20,48	4,00
T3	96,20	67,43	2,00	2,66	2,22	0,94	20,55	4,11
T4	97,90	68,11	1,33	1,77	2,33	0,95	20,83	3,89
T5	96,00	67,63	2,22	2,77	4,00	0,93	19,90	3,60
T6	98,00	64,10	1,88	3,33	3,44	0,97	18,45	3,32
T7	98,70	70,29	2,00	4,00	3,11	0,90	19,56	3,49
T8	98,80	69,26	1,88	2,77	3,77	0,93	20,86	3,79
T9	97,40	70,56	1,66	2,88	3,00	1,05	19,70	3,32
T10	97,70	69,69	2,00	2,44	2,66	0,86	21,21	3,61
T11	96,40	69,62	1,55	2,66	2,66	0,99	19,83	3,40
T12	97,20	66,70	2,11	2,66	2,33	0,92	21,84	3,77
EE±	0,69	0,61	0,21	0,19	0,32	0,01	0,33	0,06
Valor-P	0,936	0,484	0,993	0,923	0,999	0,570	0,769	0,537
<b>Fuentes</b>								
	<b>Cob</b> (%)	<b>Alt</b> (cm)	<b>Kikuyo</b> (%)	<b>LV</b> (%)	<b>CH</b> (%)	<b>H/T</b>	<b>FV</b> (t.ha <sup>-1</sup> )	<b>MS</b> (t.ha <sup>-1</sup> )
CD	96,91	67,21	1,63	2,41	2,47	0,97	20,19	3,94 <sup>a</sup>
CA	97,86	67,82	2,00	3,22	3,58	0,93	19,69	3,55 <sup>b</sup>
YA	97,19	69,14	1,83	2,66	2,66	0,96	20,65	3,53 <sup>b</sup>
<b>Dosis</b>								
	<b>Cob</b> (%)	<b>Alt</b> (cm)	<b>Kikuyo</b> (%)	<b>LV</b> (%)	<b>CH</b> (%)	<b>H/T</b>	<b>FV</b> (t.ha <sup>-1</sup> )	<b>MS</b> (t.ha <sup>-1</sup> )
D0	96,66	68,05	1,85	2,66	3,18	1,00	19,50	3,56
D1	97,55	67,05	1,81	2,88	2,96	0,94	20,05	3,64
D2	97,11	69,11	1,85	3,11	2,81	0,94	19,98	3,67
D3	97,96	68,02	1,77	2,4	2,66	0,93	21,18	3,82

Fuente: Elaboración propia

### Variables de Calidad Nutricional

Las variables de calidad nutricional de hojas se muestran en la tabla 11, se observa que se presentaron diferencias significativas entre tratamientos donde el T4 se destacó por su valor de

42,88 % Prot A, la cual corresponde a la proteína soluble donde Krishnamoorthy et al., (1982) y Chamorro (2009) afirman que esta proteína es rápidamente degradable en el rumen ya que está conformado por nitritos, nitratos, amino ácidos libres y péptidos. Este tratamiento superó estadísticamente al T5 39.74%, esto confirma que la enmienda de cal agrícola influyó en la acumulación de NNP, y la mayor tendencia en los niveles de Ca y P en las hojas, con un promedio de 1.05%. y 04% respectivamente. Este resultado está asociado a que un alto contenido de Ca condiciona la disponibilidad de P en el tejido foliar. En esta investigación se obtuvo un rango entre el 0.81 % y el 1.05% para parámetro nutricional calcio (%), inferiores al encontrado por Mora 1,36 %, y por Mufarrege, quien halló un porcentaje de calcio del 1,43 %. Y son superiores a los reportes de Rodríguez et al, (2013) 0.56 % de calcio.

Ello confirma sus propiedades favorables para que sea incluida como fuente de nitrógeno no proteico de rápida degradación y de minerales como Ca y P para su utilización microbiana en el rumen. Gaviria et al, (2015) y Chamorro (2009) mencionan que la proteína soluble comprende la fracción A (nitrógeno no proteico), que en el rumen se convierte en amoníaco, y la B1 (proteína verdadera y de rápida degradabilidad), la fracción B1 está conformada principalmente por globulinas y algunas albuminas.

La fracción B también incluye otras dos fracciones de proteína verdadera, que poseen diferentes velocidades de degradación: La fracción B2, de degradabilidad intermedia y según Blanco, Chamorro y Arreaza (2005) y Chamorro (2009) de baja solubilidad conformadas principalmente por glutelina y la fracción B3, proteína insoluble, indegradable, también denominada proteína de escape, conformada principalmente por prolaminas.

El T5 presentó un valor de 11,08% para la Prot C, superando las medias de los tratamientos T9, T10;T11y T12 tratamientos que presentaron valores promedio inferiores a 10%

Gaviria et al, (2015) afirma que esta corresponde a la fracción C se refiere a la proteína no degradable, por estar ligada a la FDA. Krishnamoorthy et al., 1982 afirma que esta fracción incluye proteínas asociadas a la lignina, complejos taninos-proteína, así como productos Maillard que son altamente resistentes a la hidrólisis por enzimas microbianas, lo cual provoca que no pueda ser digerida en el rumen. Y según Chamorro (2009) tampoco las enzimas digestivas del abomaso y duodeno pueden digerir esta fracción dada sus enlaces con la pared celular, por lo tanto, la fracción C del Sistema Cornell es una fracción de la proteína que es indegradable en rumen e indigestible en el intestino. Por lo tanto, los tratamientos donde se incluyó el Yeso presentaron mejores indicadores de proteína digestible con solo un 9.81% de fracción indegradable e indigerible, lo que representaría un 90.19% de fracciones solubles, degradables y digeribles.

Según Chamorro (2009), otra razón de la ventaja del yeso podría radicar en el aporte de  $SO_4$ , elemento gravitante en la nutrición de las leguminosas y en la estructura de las proteínas, que se refleja en este estudio con un mayor promedio de la digestibilidad de la fuente Yeso Agrícola con un valor promedio de 78.3%, indicadores que se reflejarían en mejores indicadores zootécnicos.

Las variables FV, MS; PC Prot B, FDN, FDA, LIG, HEM, DIG, ENL, Ca y P no presentaron diferencias estadísticamente significativas para la interacción de dos factores, por esta razón se analizó el efecto de cada uno de los factores por separado, donde el factor fuente presentó diferencias significativas en la Prot C con un valor de 10,63% , y 10,44a que superan a la fuente Yeso que presento en menor valor 9.81%, indicando su superioridad nutricional asociado con mayor porcentaje de proteína soluble, degradable y digestible. López y Briceño (2018); reportan entre 1,6 – 3,7% de la materia seca, lo que representa 9,97 – 24,03% de la

proteína cruda total superior a lo encontrado en este estudio. Esto ratifica la ventaja de la fuente Yeso agrícola en los valores de proteína digestible.

Otra razón de esta aparente incidencia positiva, podría ser una disminución del Al intercambiable, ya que el yeso se comporta como “base de Lewis”, promoviendo la precipitación del Al y reduciendo, por ende, las posibilidades de su toxicidad e incrementando la eficiencia de la alfalfa (Zapata, 2004).

Esta respuesta, posiblemente está asociada a que las leguminosas estudiadas son forrajes leñosos y de mayor edad, con mayor contenido de lignina, y en consecuencia, mayor contenido de nitrógeno ligado a la lignina. Esto coincide con lo reportado por Mafongoya et al., (1998) y Alzueta et al., (2001) quienes detectaron que conforme aumenta la madurez de la planta, también aumenta la concentración de la fracción C en el forraje, al igual que los reportes de Blanco, Chamorro y Arreaza (2005).

El FDA con un valor de 22,35% y para LIG con un valor de 4,15 % respectivamente para la fuente de Cal agrícola. Capacho et al., (2017) los autores en su estudio reportaron valores de FDA de 38,56 % y FDN de 49,50 %, superiores a este estudio; esta situación es atribuida a las condiciones edafoclimáticas de la zona donde se realizó el estudio y el estado fenológico en que se encontraba el cultivo al realizar el corte de evaluación.

El factor dosis presentó diferencias significativas para las variables de Prot A 42,21 % para la D3. López y Briceño 2018 reportaron valores de fracción A en las leguminosas evaluadas entre 28 – 56,9% similares a los obtenidos por WingChing y Rojas, (2007).

Además, todos los tratamientos evaluados tuvieron contenidos mayores de fracción A comparados a los datos publicados por Betancourt de Flores et al. (2002) resultados similares a los encontrados en este estudio. Según Hiriart, 2008. Estas variaciones entre trabajos pueden ser

explicadas por diferencias en las especies forrajeras utilizadas, capacidad amortiguadora de los forrajes, concentración de carbohidratos solubles, contenido de humedad de los forrajes etc.

Para la variable de FDA la D1 presentó los mejores resultados con un valor de 22,21% Por su parte Damborg et al., (2018) reportaron un FDA de 29,3%; esto puede deberse a la edad y época de corte donde los niveles de celulosa y lignina son altos, ya que hay una mayor conversión de productos fotosintéticos en los tejidos estructurales.

Como se puede evidenciar en la Tabla 12, las variables de calidad nutricional de tallos a la edad de 30 días; presentaron diferencias significativas donde el T7 se destacó por su valor de 0,30% de P con respecto a las medias de los demás tratamientos. Lo que se corrobora con Mora, (2005) quien en su estudio obtuvo un 0,27 % de P, el cual es similar al encontrado en esta investigación; se debe al alto contenido de Ca<sup>2+</sup> que aporta esta fuente, el cual condiciona la disponibilidad de P en el tejido foliar.

Las variables FV, MS, PC, Prot A, Prot B, Prot C, FDN, FDA, LIG, HEM, DIG, ENL y Ca. No presentaron diferencias estadísticamente significativas para la interacción de dos factores, por esta razón se analizó el efecto de cada uno de los factores por separado, donde el factor fuente presentó diferencias significativas para la variable de P (%) con un valor de 0,26% respectivamente para la fuente de Cal agrícola. Explicado ya por lo mencionado por Mora, (2005).

Es importante anotar que la fuente Yeso presentó la mayor digestibilidad 65.03%, asociado a menores valores de FDN y FDA con promedios de 53.77 y 25.56% respectivamente y mayores porcentajes de PC 17.0% y de las fracciones B con un promedio de 45.09%.

En cuanto al factor dosis presento diferencias significativas para las variables de Prot A 49,20 % DIG 65,45% para la D0 y P 0,27% para la D2 respectivamente.

Por otra parte, las variables de calidad nutricional de Hojas a la edad de 35 días, valores promedios que se muestran en la Tabla 13, se observa que se presentaron diferencias significativas donde el T7 se destacó por su valor de 35,47% de FDN superando estadísticamente solo al T10 29.82%, confirmando nuevamente la importancia de aportar el Yeso como fuente de Ca y azufre para mejor los aportes de energía, asociados con menores valores de pared celular, es así que la fuente yeso obtuvo un valor promedio de FDN y FDA de 30.78% y 20.73% y los aportes de Ca y S con el yeso permiten evidenciar los mejores promedios en P con el Yeso logrando promedios de 0.35%. El proceso de Fijación biológica del nitrógeno en leguminosas aporte entre el 25 y el 84% de acuerdo a las condiciones edafo-climáticas en las que se desarrolle el cultivo (Buttery et al., 1992).

La disponibilidad de N, azufre (S) y agua afectan la FBN. La magnitud de dicho proceso disminuye cuando el cultivo es expuesto a ambientes con elevada disponibilidad de nitratos  $\text{NNO}_3$  - (Imsande, 1989) y aumenta ante el aporte de S, en suelos con deficiencias de dicho nutriente debido al incremento en el número y peso de nódulos (Scherer & Lange, 1996; Diaz-Zorita & Fernández Canigia, 1998).

Las variables FV, MS, PC, Prot A, Prot B, Prot C, FDA, LIG, HEM, DIG, ENL, Ca y P. No presentaron diferencias estadísticamente significativas para la interacción de dos factores, por esta razón se analizó el efecto de cada uno de los factores por separado, donde el factor fuente presentó diferencias significativas para la variable de FDN% con un valor de 33,23 y 21,875% de FDA respectivamente para la fuente de Cal agrícola. Capacho et al., 2018 presentó en su estudio de diferentes variedades de alfalfa valores de FDN 49,50% y FDA 38,56% de alfalfa moapa 69 respectivamente superiores a los encontrados en este estudio, González R. 2012 informa en su trabajo un 51% de FDN, mientras que Basigalup D, 2007 refiere un 32,7% de

FDN en segundo corte y López A, 2011 reportó 30,0% FDA, y Cardona et al, 2012 reportó 29,9 % FDA valores inferiores a los de este estudio.

En cuanto al factor dosis no presentó diferencias significativas para ninguna de las variables

**Tabla 4.**

Valores medios para variables de calidad nutricional de hojas evaluadas en los diferentes tratamientos a la edad de 30 días Pasto, Nariño, Colombia

Variables														
Tto	FV (t.ha <sup>-1</sup> )	MS (t.ha <sup>-1</sup> )	PC (%)	Prot A (%)	Prot B (%)	Prot C (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	HEM (%)	DIG (%)	ENL (Mcal/kg)	Ca (%)	P (%)
T1	7,75	1,41	32,46	40,75ab	48,57	10,4abc	33,50	22,00	4,14	11,50	78,50	1,64	0,87	0,38
T2	8,52	1,26	31,28	41,53ab	47,55	10,82ab	33,50	22,20	4,26	11,30	77,50	1,62	0,94	0,38
T3	8,42	1,33	31,95	41,46ab	48,12	10,41abc	33,20	21,20	4,01	12,00	78,30	1,64	0,97	0,39
T4	8,08	1,28	31,58	42,88a	46,58	10,16abc	31,80	20,40	4,00	11,5,00	78,30	1,64	1,05	0,40
T5	7,61	1,34	32,65	39,74b	49,16	11,08 <sup>a</sup>	34,40	22,80	4,17	11,7,00	78,30	1,64	0,86	0,34
T6	6,82	1,32	31,84	40,99ab	48,37	10,54abc	33,80	22,90	4,25	11,00	77,70	1,62	0,81	0,35
T7	8,23	1,33	30,62	41,68ab	47,41	10,46abc	34,60	22,40	4,21	12,20	76,80	1,64	0,84	0,37
T8	8,78	1,34	32,02	42,08ab	47,21	10,46abc	33,10	21,30	3,98	11,70	78,30	1,64	0,97	0,39
T9	8,16	1,16	31,91	41,76ab	48,08	9,97bc	33,40	21,00	4,05	12,50	78,30	1,64	0,96	0,39
T10	8,1	1,34	31,91	41,44ab	48,57	9,80c	32,80	21,60	3,77	11,20	78,10	1,63	0,83	0,37
T11	7,67	1,35	32,39	41,74ab	48,3	9,72c	32,50	21,00	3,85	11,50	78,50	1,65	0,95	0,40
T12	8,27	1,34	31,39	41,67ab	48,21	9,77c	33,30	21,00	4,02	12,30	77,90	1,63	1,00	0,39
EE±	0,14	0,04	0,17	0,2	0,19	0,08	0,25	0,2	0,17	0,16	0,15	0,003	0,02	0,01
Valor-P	0,220	0,825	0,526	0,031	0,395	0,022	0,763	0,735	0,384	0,799	0,572	0,527	0,819	0,837
Fuentes														
	FV (t.ha <sup>-1</sup> )	MS (t.ha <sup>-1</sup> )	PC (%)	Prot A (%)	Prot B (%)	Prot C (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	HEM (%)	DIG (%)	ENL (Mcal/kg)	Ca (%)	P (%)
CD	8,19	1,32	31,82	41,65	47,70	10,44 <sup>a</sup>	33,00	21,42ab	4,10ab	11,60	78,10	1,63	0,95	0,38

CA	7,86	1,33	31,78	41,12	48,04	10,63 <sup>a</sup>	34,00	22,35a	4,15a	11,60	77,80	1,62	0,87	0,36
YA	8,05	1,30	31,90	41,65	48,29	9,81b	33,00	21,14b	3,92b	11,90	78,30	1,64	0,93	0,39
Dosis														
	FV (t.ha <sup>-1</sup> )	MS (t.ha <sup>-1</sup> )	PC (%)	Prot A (%)	Prot B (%)	Prot C (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	HEM (%)	DIG (%)	ENL (Mcal/kg)	Ca (%)	P (%)
D0	7,84	1,30	32,34	40,75b	48,60	10,48	33,8	21,91ab	4,12	11,90	78,40	1,64	0,90	0,37
D1	7,81	1,31	31,67	41,32ab	48,16	10,38	33,4	22,21a	4,09	11,20	77,80	1,62	0,86	0,37
D2	8,11	1,33	31,65	41,63ab	47,94	10,19	33,4	21,53ab	4,02	11,90	77,90	1,63	0,92	0,38
D3	8,38	1,32	31,66	42,21a	47,33	10,13	32,7	20,91b	4,00	11,80	78,20	1,63	1,01	0,39

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13.**

*Valores medios para variables de calidad nutricional de tallos evaluados en los diferentes tratamientos a la edad de 30 días Pasto, Nariño, Colombia*

Variables														
Tto	FV (t.ha <sup>-1</sup> )	MS (t.ha <sup>-1</sup> )	PC (%)	Prot A (%)	Prot B (%)	Prot C (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	HEM (%)	DIG (%)	ENL (Mcal/kg)	Ca (%)	P (%)
T1	8,42	1,29	17,00	49,70	43,86	6,69	53,99	24,87	5,72	29,12	65,24	1,34	0,48	0,23cd
T2	8,04	1,27	16,30	48,31	44,43	7,24	54,17	25,83	5,74	28,34	64,38	1,32	0,52	0,25bcd
T3	9,56	1,44	16,49	47,49	45,00	7,88	53,72	26,08	5,71	27,64	64,45	1,32	0,47	0,25bcd
T4	8,79	1,32	16,63	48,02	44,98	7,40	53,74	25,78	6,10	27,95	64,65	1,33	0,56	0,24bcd
T5	8,28	1,29	16,99	48,87	44,28	6,77	53,53	24,97	5,70	28,55	65,20	1,34	0,52	0,21d
T6	9,27	1,44	16,30	48,55	44,94	6,58	53,98	27,19	5,76	26,79	63,95	1,31	0,60	0,27abc
T7	8,20	1,25	16,46	47,47	44,86	7,46	53,18	27,41	5,91	25,77	64,01	1,31	0,54	0,30a
T8	10,10	1,46	16,65	48,21	44,83	6,98	53,52	26,23	5,45	27,29	64,54	1,33	0,56	0,28ab

T9	8,53	1,28	17,72	49,03	44,08	6,99	52,81	24,55	5,75	28,26	65,92	1,36	0,47	0,22d
T10	9,45	1,41	17,01	47,40	44,89	7,77	53,77	26,12	5,74	27,65	64,86	1,33	0,49	0,24bcd
T11	8,58	1,30	16,37	46,74	45,88	7,41	54,59	26,14	5,71	28,44	64,33	1,32	0,58	0,26abcd
T12	9,26	1,39	16,93	47,38	45,50	7,38	53,91	25,43	5,85	28,48	65,01	1,33	0,47	0,23cd
EE±	0,21	0,2	0,13	0,23	0,19	0,10	0,21	0,2	0,04	0,24	0,14	0,003	0,01	0,00
Valor-P	0,582	0,501	0,976	0,984	0,970	0,543	0,913	0,942	0,364	0,646	0,988	0,966	0,398	0,038

#### Fuentes

Tt	FV (t.ha <sup>-1</sup> )	MS (t.ha <sup>-1</sup> )	PC (%)	Prot A (%)	Prot B (%)	Prot C (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	HEM (%)	DIG (%)	ENL (Mcal/kg)	Ca (%)	P (%)
CD	8,70	1,33	16,60	48,38	44,56	7,30	53,90	25,64	5,82	28,26	64,68	1,33	0,51	0,24b
CA	8,96	1,36	16,60	48,28	44,73	6,95	53,55	26,45	5,70	27,10	64,42	1,32	0,55	0,26a
YA	8,96	1,35	17,01	47,64	45,09	7,38	53,77	25,56	5,80	28,21	65,03	1,33	0,50	0,23b

#### Dosis

	FV (t.ha <sup>-1</sup> )	MS (t.ha <sup>-1</sup> )	PC (%)	Prot A (%)	Prot B (%)	Prot C (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	HEM (%)	DIG (%)	ENL (Mcal/kg)	Ca (%)	P (%)
D0	8,41	1,29	17,24	49,20a	44,07	6,82	53,44	24,80	5,72	28,64	65,45a	1,34	0,49	0,22b
D1	8,92	1,37	16,54	48,09ab	44,75	7,19	53,97	26,38	5,75	27,59	64,39ab	1,32	0,53	0,25a
D2	8,78	1,33	16,44	47,24b	45,24	7,58	53,83	26,54	5,83	27,28	64,26b	1,32	0,53	0,27a
D3	9,39	1,39	16,74	47,87ab	45,10	7,25	53,72	25,81	5,80	27,91	64,73ab	1,33	0,53	0,25a

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14.**

*Valores medios para variables de calidad nutricional de hojas evaluadas en los diferentes tratamientos a la edad de 35 días Pasto, Nariño, Colombia*

#### Variables

<b>Tto</b>	<b>FV (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MS (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PC (%)</b>	<b>Prot A (%)</b>	<b>Prot B (%)</b>	<b>Prot C (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>LIG (%)</b>	<b>HEM (%)</b>	<b>DIG (%)</b>	<b>ENL (Mcal/kg)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>P (%)</b>
T1	7,37	1,19	30,96	39,39	50,75	10,32	32,74ab	21,39	3,50	11,34	77,44	1,62	0,86	0,32
T2	8,26	1,28	31,02	41,02	49,12	10,32	32,32ab	21,07	3,54	11,25	77,58	1,62	0,85	0,37
T3	8,71	1,38	30,60	40,64	49,56	10,13	33,56ab	22,09	3,90	11,47	76,93	1,60	0,92	0,33
T4	8,50	1,38	32,53	41,71	49,03	9,60	31,53ab	21,26	3,67	10,27	78,72	1,65	0,90	0,33
T5	7,77	1,21	32,49	40,19	50,03	10,23	32,56ab	21,93	3,76	10,63	78,49	1,64	0,97	0,32
T6	8,61	1,34	32,07	41,31	49,18	9,91	32,38ab	21,55	3,81	10,82	78,27	1,64	0,98	0,34
T7	8,19	1,29	32,68	42,05	48,62	9,59	35,47a	22,51	4,18	12,96	78,46	1,64	0,85	0,31
T8	7,73	1,33	31,13	40,75	49,49	10,16	32,54ab	21,48	3,63	11,06	77,55	1,62	0,84	0,34
T9	8,63	1,42	31,86	41,64	48,8	10,06	31,03ab	20,67	3,82	10,35	78,38	1,64	0,82	0,33
T10	8,46	1,28	32,72	41,4	49,06	9,97	29,82b	20,21	3,45	9,60	79,21	1,66	0,92	0,37
T11	7,58	1,22	31,81	42,23	48,64	9,56	30,68ab	21,24	3,58	9,44	78,16	1,64	0,84	0,34
T12	9,25	1,43	31,98	40,41	49,73	10,19	31,59ab	20,81	3,73	10,78	78,43	1,64	0,95	0,36
EE±	0,15	0,03	0,18	0,44	0,33	0,13	0,32	0,16	0,05	0,26	0,17	0,003	0,01	0,01
Valor-P	0,217	0,439	0,114	0,969	0,970	0,927	0,050	0,998	0,334	0,417	0,302	0,269	0,572	0,963

#### Fuentes

	<b>FV (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MS (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PC (%)</b>	<b>Prot A (%)</b>	<b>Prot B (%)</b>	<b>Prot C (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>LIG (%)</b>	<b>HEM (%)</b>	<b>DIG (%)</b>	<b>ENL (Mcal/kg)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>P (%)</b>
CD	8,21	1,31	31,28	40,69	49,61	10,09	32,54ab	21,45ab	3,65	11,08	77,67	1,62	0,88	0,34
CA	8,08	1,29	32,09	41,07	49,33	9,97	33,23a	21,87 <sup>a</sup>	3,84	11,36	78,19	1,63	0,91	0,33
YA	8,48	1,34	32,09	41,42	49,06	9,94	30,78b	20,73b	3,64	10,04	78,54	1,64	0,88	0,35

#### Dosis

	<b>FV</b> <b>(t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MS</b> <b>(t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PC</b> <b>(%)</b>	<b>Prot A</b> <b>(%)</b>	<b>Prot B</b> <b>(%)</b>	<b>Prot C</b> <b>(%)</b>	<b>FDN</b> <b>(%)</b>	<b>FDA</b> <b>(%)</b>	<b>LIG</b> <b>(%)</b>	<b>HEM</b> <b>(%)</b>	<b>DIG</b> <b>(%)</b>	<b>ENL</b> <b>(Mcal/kg)</b>	<b>Ca</b> <b>(%)</b>	<b>P</b> <b>(%)</b>
D0	7,92	1,27	31,77	40,41	49,86	10,20	32,11	21,33	3,69	10,77	78,10	1,63	0,88	0,32
D1	8,44	1,30	31,93	41,24	49,12	10,06	31,50	20,94	3,60	10,56	78,35	1,64	0,91	0,36
D2	8,16	1,30	31,70	41,64	48,94	9,76	33,24	21,94	3,89	11,29	77,85	1,63	0,87	0,32
D3	8,49	1,38	31,88	40,95	49,42	9,98	31,88	21,18	3,68	10,70	78,23	1,63	0,89	0,34

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, se observan las variables de calidad nutricional de tallos a la edad de 35 días, las cuales presentaron diferencias significativas para PC, DIG y ENL (Mcal/kg) donde el T9 se destacó por presentar los mejor promedios con valores de 17,10% 65,11% y 1,34 Mcal/kg con respecto a las medias de los demás tratamientos. Con respecto Valderrama y Anrique (2011); obtuvieron 26,2 % de PC y 73,2% de DIG por encima de lo encontrado en este estudio.

Las variables FV, MS, Prot A, Prot B, Prot C, FDN, FDA, LIG, HEM, Ca y P. No presentaron diferencias estadísticamente significativas para la interacción de dos factores, por esta razón se analizó el efecto de cada uno de los factores por separado, donde el factor fuente presentó diferencias significativas para las variables de PC, DIG y ENL (Mcal/kg) con valores de 16,26%, 64,30% y 1,32(Mcal/kg) respectivamente para la fuente de Yeso agrícola, respuesta positiva y posiblemente asociada a una mayor disponibilidad inmediata de sulfatos.

En cuanto al factor dosis presento diferencias significativas para la variable de %P 0,31 para la D2 respectivamente. Mora, (2005) por su parte reporto un 0,27 % de P, el cual es similar al encontrado en esta investigación; se debe al alto contenido de  $Ca^{2+}$  que aporta esta fuente, el cual condiciona la disponibilidad de P en el tejido foliar.

**Tabla 5**

Valores medios para variables de calidad nutricional de tallos evaluados en los diferentes tratamientos a la edad de 35 días Pasto,

Nariño, Colombia

<b>Variables</b>														
<b>Tto</b>	<b>FV (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MS (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PC (%)</b>	<b>Prot A (%)</b>	<b>Prot B (%)</b>	<b>Prot C (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>LIG (%)</b>	<b>HEM (%)</b>	<b>DIG (%)</b>	<b>ENL (Mcal/kg)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>P (%)</b>
T1	6,94	0,92	14,55ab	47,48	45,78	6,67	55,10	28,12	5,88	26,97	62,27bc	1,27bc	0,59	0,28
T2	8,72	1,05	15,73ab	49,11	44,30	6,61	52,50	27,08	5,41	25,42	63,54abc	1,30abc	0,62	0,26
T3	8,29	1,04	14,11b	48,89	44,93	6,08	55,58	28,65	5,75	26,93	61,75c	1,26c	0,54	0,31
T4	8,42	1,12	15,02ab	49,02	44,41	6,43	54,52	28,15	5,62	26,36	62,63abc	1,28abc	0,58	0,27
T5	7,92	1,04	15,19ab	48,87	44,65	6,52	54,75	27,38	5,73	27,37	63,01abc	1,29abc	0,55	0,26
T6	8,72	1,19	15,41ab	49,05	44,44	6,80	53,78	26,99	5,58	26,79	63,30abc	1,30abc	0,54	0,24
T7	7,99	1,06	15,22ab	49,40	44,04	6,74	55,00	27,49	5,99	27,50	63,00abc	1,29abc	0,46	0,30
T8	8,15	1,09	15,24ab	48,88	44,19	6,80	53,56	26,35	5,57	27,20	63,37abc	1,30abc	0,62	0,27
T9	8,87	1,14	17,10a	50,39	42,94	6,43	52,91	25,53	4,83	27,38	65,11a	1,34a	0,56	0,22
T10	8,71	1,14	16,07ab	49,18	44,52	6,73	53,44	24,97	5,06	28,47	64,47ab	1,32ab	0,60	0,23
T11	7,97	1,03	15,77ab	48,37	44,43	7,09	53,47	27,50	5,74	25,96	63,43ab	1,30abc	0,49	0,33
T12	9,53	1,19	16,12ab	49,18	44,01	6,87	54,20	25,95	5,48	28,25	64,20abc	1,32ab	0,52	0,23
EE±	0,22	0,02	0,18	0,23	0,19	0,09	0,22	0,25	0,10	0,30	0,19	0,00	0,01	0,01
Valor-P	0,846	0,877	0,042	0,380	0,225	0,770	0,146	0,810	0,790	0,664	0,044	0,042	0,680	0,631

<b>Fuentes</b>														
	<b>FV (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MS (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PC (%)</b>	<b>Prot A (%)</b>	<b>Prot B (%)</b>	<b>Prot C (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>LIG (%)</b>	<b>HEM (%)</b>	<b>DIG (%)</b>	<b>ENL (Mcal/kg)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>P (%)</b>
CD	8,09	1,03	14,85b	48,63	44,85	6,45	54,42	28,00	5,67	26,42	62,55b	1,28b	0,58	0,28

CA	8,20	1,09	15,26b	49,05	44,33	6,72	54,27	27,05	5,71	27,21	63,17b	1,29b	0,54	0,27
YA	8,77	1,12	16,26a	49,28	43,97	6,78	53,50	25,99	5,28	27,51	64,30a	1,32a	0,54	0,25
<b>Dosis</b>														
	<b>FV (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MS (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PC (%)</b>	<b>Prot A (%)</b>	<b>Prot B (%)</b>	<b>Prot C (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>LIG (%)</b>	<b>HEM (%)</b>	<b>DIG (%)</b>	<b>ENL (Mcal/kg)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>P (%)</b>
D0	7,91	1,03	15,61	48,91	44,46	6,54	54,25	27,01	5,48	27,24	63,46	1,30	0,57	0,25b
D1	8,72	1,13	15,73	49,12	44,42	6,71	53,24	26,34	5,35	26,89	63,77	1,31	0,59	0,24b
D2	8,08	1,04	15,03	48,88	44,47	6,64	54,68	27,88	5,82	26,79	62,73	1,28	0,49	0,31a
D3	8,70	1,13	15,46	49,03	44,20	6,70	54,09	26,82	5,56	27,27	63,4	1,30	0,57	0,26ab

Fuente: Elaboración propia

Para las variables de calidad nutricional de hojas a la edad de 40 días se presentaron diferencias significativas, donde el T2 se destacó por su valor de 23,25 % de FDA superando estadísticamente a los tratamientos T1 y T4 quienes presentan los mejores valores nutricionales, asociados a su menor porcentaje de pared celular con promedios de 21.75% y 21.39%. (Tabla 15).

Las variables FV, MS, PC, Prot A, Prot B, Prot C, FDN, LIG, HEM, DIG, ENL, Ca y P. No presentaron diferencias estadísticamente significativas para la interacción de dos factores, por esta razón se analizó el efecto de cada uno de los factores por

separado, donde el factor fuente no presentó diferencias significativas para ninguna de las variables presentes. Igual para el factor dosis no presentaron diferencias significativas para ninguna de las variables respectivamente.

Nuevamente se demuestra que la fuente de yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), con sus aportes de sulfatos incrementan el mejor indicador del valor nutricional de los forrajes que es la digestibilidad, con valores promedios de 78.03%, asociado a un menor porcentaje de FDN (32.6%) y un mayor porcentaje de PC 38.53% y lo que es más relevante en la proteína la fracción soluble y degradable que aportaran un 89.19% del total de la proteína cruda. Es conocido que el azufre es una parte vital de todas las proteínas de las plantas y de ciertas hormonas de las plantas, que les permiten a las leguminosas obtener su máximo rendimiento y calidad. La capacidad de fijación biológica del nitrógeno mediante las bacterias *Rhizobium* de *M. sativa* se facilita mediante la aplicación del azufre en unión con el calcio.

Rennenberg (1984) menciona que aproximadamente el 80% del nitrógeno y azufre incorporados en compuestos orgánicos de las plantas lo hacen en las proteínas cuando ambos elementos se encuentran en proporciones adecuadas y que la composición de la proteína está determinada en gran extensión la proporción entre el azufre y el nitrógeno orgánicos de las plantas. Este cociente S orgánico/N orgánico se encuentra en el rango de 0.025 (leguminosas) y es relativamente constante de una especie a otra. Esta constancia aparentemente es conseguida a través de un control acoplado de la reducción de nitrógeno y azufre. Como consecuencia de esto, la cantidad real de azufre requerido por una planta es fuertemente dependiente del aporte nitrogenado de la misma.

**Tabla 16.**

*Valores medios para variables de calidad nutricional de hojas evaluadas en los diferentes tratamientos a la edad de 40 días Pasto,*

*Nariño, Colombia*

<b>Variables</b>														
<b>Tto</b>	<b>FV (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MS (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PC (%)</b>	<b>Prot A (%)</b>	<b>Prot B (%)</b>	<b>Prot C (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>LIG (%)</b>	<b>HEM (%)</b>	<b>DIG (%)</b>	<b>ENL (Mcal/kg)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>P (%)</b>
T1	9,01	1,61	32,53	39,99	49,48	10,81	32,82	21,75bc	3,72	11,07	78,57	1,64	1,00	0,31
T2	9,31	1,76	32,25	38,55	50,77	11,07	33,77	23,25 <sup>a</sup>	3,90	10,52	77,88	1,63	0,97	0,30
T3	9,96	1,76	31,69	38,36	50,71	11,26	33,12	22,53abc	4,04	10,58	77,66	1,63	0,99	0,30
T4	9,17	1,68	31,28	38,70	50,58	11,21	32,22	21,39c	3,79	10,83	77,70	1,62	1,01	0,32
T5	7,90	1,48	32,20	37,26	51,68	11,54	33,00	22,46abc	3,89	10,54	78,09	1,64	0,93	0,29
T6	9,77	1,68	31,66	39,10	50,32	10,84	33,28	22,98abc	3,81	10,63	77,60	1,62	0,93	0,32
T7	9,16	1,67	31,21	39,01	50,36	10,79	33,54	22,98ab	4,05	10,56	77,14	1,61	0,94	0,28
T8	9,87	1,73	31,82	39,32	49,83	11,18	32,94	22,46abc	3,96	10,47	77,78	1,62	1,08	0,31
T9	8,84	1,66	31,88	38,69	50,6	11,00	32,61	22,63abc	3,82	9,98	77,78	1,63	0,96	0,30
T10	9,67	1,64	31,98	38,93	50,43	10,93	32,27	22,15abc	3,83	10,12	78,01	1,63	0,96	0,31
T11	8,98	1,67	32,94	38,22	50,81	11,20	31,96	22,35abc	3,82	9,61	78,71	1,65	0,95	0,30
T12	9,55	1,75	31,72	38,29	50,81	11,11	33,59	22,79ab	4,01	10,80	77,61	1,62	0,90	0,30
EE±	0,19	0,02	0,13	0,27	0,22	0,08	0,19	0,12	0,02	0,13	0,12	0,002	0,01	0,00
Valor-P	0,415	0,629	0,088	0,418	0,562	0,097	0,160	0,002	0,360	0,857	0,072	0,140	0,359	0,566
<b>Fuentes</b>														
	<b>FV (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MS (t.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PC (%)</b>	<b>Prot A (%)</b>	<b>Prot B (%)</b>	<b>Prot C (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDA (%)</b>	<b>LIG (%)</b>	<b>HEM (%)</b>	<b>DIG (%)</b>	<b>ENL (Mcal/kg)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>P (%)</b>
CD	9,36	1,70	31,94	38,9	50,38	11,09	32,98	22,23	3,86	10,75	77,95	1,63	0,99	
CA	9,18	1,64	31,72	38,67	50,55	11,09	33,19	22,64	3,93	10,55	77,65	1,62	0,97	

YA	9,26	1,68	32,13	38,53	50,66	11,06	32,60	22,48	3,87	10,12	78,03	1,63	0,94	
<b>Dosis</b>														
	<b>FV</b> (t.ha <sup>-1</sup> )	<b>MS</b> (t.ha <sup>-1</sup> )	<b>PC</b> (%)	<b>Prot A</b> (%)	<b>Prot B</b> (%)	<b>Prot C</b> (%)	<b>FDN</b> (%)	<b>FDA</b> (%)	<b>LIG</b> (%)	<b>HEM</b> (%)	<b>DIG</b> (%)	<b>ENL</b> (Mcal/kg)	<b>Ca</b> (%)	<b>P</b> (%)
D0	8,58	1,58	32,20	38,65	50,59	11,12	32,81	22,28	3,81	10,53	78,15	1,63	0,96	0,30
D1	9,58	1,70	31,96	38,86	50,51	10,94	33,11	22,68	3,85	10,42	77,83	1,63	0,95	0,31
D2	9,37	1,70	31,95	38,53	50,63	11,08	32,87	22,62	3,97	10,25	77,84	1,63	0,96	0,30
D3	9,53	1,72	31,61	38,77	50,41	11,17	32,91	22,21	3,92	10,7	77,7	1,62	0,93	0,31

Fuente: Elaboración propia

Las variables de calidad nutricional de tallos a la edad de 40 días como se observa en la tabla 16; presentaron diferencias significativas donde los tratamientos T2 y T7 se destacaron por sus mayores en Prot B 48.90% y 48.85% respectivamente, superando estadísticamente al T11. Este tratamiento presentó el menor valor de lignina con 4.90%, donde el T7 obtuvo el mayor valor 5,96%. Valderrama y Anrique (2011) En su estudio de degradación de fracciones proteicas en diferentes especies forrajeras obtuvieron como resultados un 40,02 % de Fracción B para la alfalfa forrajera resultado por debajo de lo encontrado en este estudio lo cual podría explicarse por la elevada degradación de la PC (+ 23%) presente en nuestro estudio.

Las variables FV, MS, PC, Prot A, Prot C, FDN, FDA, HEM, DIG, ENL, Ca y P. No presentaron diferencias estadísticamente significativas para la interacción de dos factores, por esta razón se analizó el efecto de cada uno de los factores por separado, donde el factor fuente presentó diferencias significativas para lignina, donde la fuente Yeso presenta los menores valores 5.22% superando a la fuente de cal agrícola, lo que incide en los mejores promedios de la digestibilidad con un valor de 63.26%, asociado íntimamente al menor valor de la Fracción C 5.97%. Esta fracción es indegradable e indigerible y está asociada con la edad de los forrajes, al

augmentar el estado de madurez de la alfalfa, crece el contenido de los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina), mientras que el contenido de proteína y la digestibilidad de la materia seca disminuyen, por lo tanto a los 40 días de edad, la aplicación de yeso, mantiene sus ventajas nutricionales al presentar mayores valores de proteína cruda 14.83% y una proteína soluble, degradable y digestible de 94.45%.

Con relación al factor dosis no presentaron diferencias significativas entre las cuatro dosis para ninguna de las variables respectivamente.

**Tabla 6**

*Valores medios para variables de calidad nutricional de tallos evaluados en los diferentes tratamientos a la edad de 40 días Pasto, Nariño, Colombia*

Tto	Variables													
	FV (t.ha <sup>-1</sup> )	MS (t.ha <sup>-1</sup> )	PC (%)	Prot A (%)	Prot B (%)	Prot C (%)	FDN (%)	FDA (%)	LIG (%)	HEM (%)	DIG (%)	ENL (Mcal/kg)	Ca (%)	P (%)
T1	8,71	1,56	14,41	47,02	47,05ab	6,63	53,48	26,01	5,51ab	27,46	62,82	1,29	0,45	0,22
T2	8,89	1,59	13,76	45,99	48,90a	6,12	54,15	26,44	5,82ab	27,71	62,16	1,27	0,45	0,23
T3	9,07	1,63	14,23	46,22	48,09ab	6,29	53,43	25,68	5,26ab	27,74	62,78	1,28	0,56	0,23
T4	8,94	1,62	14,65	48,13	46,60ab	5,76	52,98	25,39	5,46ab	27,59	63,20	1,29	0,52	0,22
T5	8,70	1,52	14,32	46,76	47,70ab	6,11	54,27	26,33	5,85ab	27,94	62,65	1,28	0,43	0,23
T6	9,57	1,73	14,47	47,20	47,11ab	6,23	54,55	25,67	5,65ab	28,88	62,97	1,29	0,52	0,24
T7	8,21	1,55	13,76	45,56	48,85a	6,17	53,64	26,21	5,96a	27,43	62,23	1,27	0,44	0,22
T8	9,45	1,63	14,39	46,99	47,55ab	6,43	53,48	25,68	5,53ab	27,80	62,91	1,29	0,46	0,23
T9	7,82	1,34	14,80	47,65	47,00ab	5,99	53,79	26,11	5,16ab	27,67	63,10	1,29	0,51	0,23

T10	9,76	1,70	14,57	47,28	47,46ab	5,76	53,35	25,05	5,14ab	28,30	63,24	1,29	0,54	0,23
T11	8,89	1,56	15,52	47,63	46,38b	5,91	52,37	25,59	4,90b	26,77	63,83	1,31	0,51	0,23
T12	9,27	1,64	14,43	46,96	47,43ab	6,24	54,00	25,89	5,70ab	28,10	62,87	1,29	0,48	0,23
EE±	0,23	0,04	0,10	0,18	0,17	0,08	0,17	0,13	0,07	0,14	0,10	0,00	0,01	0,00
Valor-P	0,762	0,803	0,162	0,213	0,010	0,617	0,635	0,643	0,050	0,637	0,219	0,267	0,129	0,599

#### Fuentes

	<b>FV</b> (t.ha <sup>-1</sup> )	<b>MS</b> (t.ha <sup>-1</sup> )	<b>PC</b> (%)	<b>Prot A</b> (%)	<b>Prot B</b> (%)	<b>Prot C</b> (%)	<b>FDN</b> (%)	<b>FDA</b> (%)	<b>LIG</b> (%)	<b>HEM</b> (%)	<b>DIG</b> (%)	<b>ENL</b> (Mcal/kg)	<b>Ca</b> (%)	<b>P</b> (%)
CD	8,90	1,60	14,26	46,84	47,66	6,20	53,51	25,88	5,51ab	27,62	62,74	1,28	0,49	0,22
CA	8,98	1,61	14,23	46,63	47,80	6,23	53,99	25,97	5,75a	28,01	62,69	1,28	0,46	0,23
YA	8,93	1,56	14,83	47,38	47,07	5,97	53,38	25,66	5,22b	27,71	63,26	1,29	0,51	0,23

#### Dosis

	<b>FV</b> (t.ha <sup>-1</sup> )	<b>MS</b> (t.ha <sup>-1</sup> )	<b>PC</b> (%)	<b>Prot A</b> (%)	<b>Prot B</b> (%)	<b>Prot C</b> (%)	<b>FDN</b> (%)	<b>FDA</b> (%)	<b>LIG</b> (%)	<b>HEM</b> (%)	<b>DIG</b> (%)	<b>ENL</b> (Mcal/kg)	<b>Ca</b> (%)	<b>P</b> (%)
D0	8,41	1,47	14,51	47,14	47,25	6,24	53,84	26,15	5,51	27,69	62,85	1,29	0,46	0,22
D1	9,41	1,67	14,26	46,82	47,82	6,04	54,02	25,72	5,53	28,29	62,79	1,28	0,5	0,23
D2	8,72	1,58	14,50	46,47	47,78	6,12	53,14	25,83	5,37	27,31	62,95	1,29	0,5	0,22
D3	9,22	1,63	14,49	47,36	47,19	6,14	53,48	25,65	5,56	27,83	62,99	1,29	0,49	0,23

Fuente: Elaboración propia

Durante todo el desarrollo del experimento, se observó que cuando se aplicó el yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y relacionando con sus aportes de sulfatos, tanto en hojas como tallos de *Medicago sativa* se incrementaron los valores promedios de la principal variable nutricional integral nutricional que es la digestibilidad tanto a los 30,35 y 40 días, con valores de 65.03%, 64.4 y 63,26 en tallos y, promedios de 78.3% ;78.5% y 78,03% en hojas. Los bajos promedios de FDA incidieron directamente en los promedios de digestibilidad en hojas y tallos con un  $R^2 = 0.96$ .

Adicionalmente, se presenta una relación directa entre los valores de proteína cruda con los valores de Digestibilidad en hojas y tallos de *M. sativa* cuando se aplicó yeso agrícola a la edad de 30,35 y 40 días de edad. Los promedios de PC incidieron directamente en los promedios de digestibilidad en hojas y tallos con un  $R^2 = 0.95$ . Una de las razones para este positivo efecto del yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) es el aporte de azufre, nutriente de alto requerimiento en las leguminosas, dado el equilibrio que significativo entre el nitrógeno y el azufre en el proceso de fijación biológica del nitrógeno. Sin una cantidad suficiente de azufre, las leguminosas como *M.sativa* no pueden usar el nitrógeno ni otros nutrientes de manera eficiente para alcanzar su máximo rendimiento.

Estos resultados del efecto positivo de la inclusión de yeso en leguminosa coinciden con los reportes de Gómez, Mercado y Chamorro (209) con la inclusión de las enmiendas en la siembra de *L. leucocephala* que incluía, Yeso, oxido de magnesio y roca fosfórica, mostrando una mayor producción de materia seca en época de lluvia y sequia 9,45 MS/t/ha/año y 4,48 t/ha/año respectivamente.

Por lo tanto, es necesario seguir investigando las relaciones del aporte de calcio y azufre sobre los indicadores nutricionales en la alfalfa sobre indicadores como el consumo voluntario y respuestas zootécnicas. Dada la relación del azufre con la formación de proteínas y la clorofila en las leguminosas.

## Conclusiones

Uno de los mayores indicadores en la evaluación de especies forrajeras es la producción de MS, la alfalfa cv. Moapa 69 a los 30 días el T12 y T10 presentaron los mejores resultados con un valor promedio de 3,95 y 3.87 toneladas de MS/ ha, asociados al aporte de sulfatos.

La alfalfa es uno de los cultivares más importantes para la producción de leche; su comportamiento en este estudio se destacó por su producción de MS a la edad de 35 días. Los tratamientos que se destacaron a lo largo del estudio fueron T9 T10 T11 y T12; donde se puede resaltar que la enmienda de yeso agrícola causo un efecto notable en la planta tanto a nivel de calidad como de producción.

Para las variables de calidad nutricional de tallos presentaron diferencias significativas a la edad de 35 días para las variables de PC, DIG y ENL (Mcal/kg) donde el T9 se destacó por presentar los mejor promedios con valores de 17,10% 65,11% y 1,34 Mcal/kg con respecto a las medias de los demás tratamientos.

La variable pH se vio afectado positivamente con el efecto de la aplicación de enmiendas donde el mayor aumento de nivel de pH lo presento la cal dolomita con un incremento del 0,1 lo que mejoro las condiciones del suelo para un mayor desempeño y rendimiento del cultivo de alfalfa.

Durante todo el desarrollo del experimento, se observó que con la aplicación del yeso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) tanto las hojas como tallos de *Medicago sativa* incrementaron los valores promedios de la principal variable nutricional integral nutricional que es la digestibilidad a los 30,35 y 40 días, con valores de 65.03%, 64.4 y 63,26 en tallos y, promedios de 78.3% ;78.5% y 78,03% en hojas. Los bajos promedios de FDA incidieron directamente en los promedios de digestibilidad en hojas y tallos con un  $R^2 = 0.96$ .

Se presentó una relación directa entre los valores de proteína cruda con los valores de Digestibilidad en hojas y tallos de *M. sativa* cuando se aplicó yeso agrícola a la edad de 30,35 y 40 días de edad.

Los promedios de PC incidieron directamente en los promedios de digestibilidad en hojas y tallos con un  $R^2 = 0.95$ . Resultados asociados al aporte de azufre, que dado el equilibrio entre el nitrógeno y el azufre en el proceso de fijación biológica del nitrógeno le permite a *M. sativa* alcanzar buenos rendimientos.

## Recomendaciones

Efectuar investigación donde se evalúe el efecto de la humedad del suelo sobre la dinámica de las enmiendas químicas.

Continuar realizando estudios de comportamiento fenológico y nutricional de *Medicago sativa* L. cv. Moapa 69 con periodos de tiempo más prolongados para monitorear los efectos de las enmiendas sobre la producción y calidad nutricional del material, teniendo en cuenta la modificación de la enmienda del pH edáfico.

Continuar investigando las relaciones del aporte de calcio y azufre sobre los indicadores nutricionales en la alfalfa sobre indicadores como el consumo voluntario y respuestas zootécnicas. Dada la relación del azufre con la formación de proteínas y la clorofila en las leguminosas.

Generar conocimiento en la dinámica de nutrientes, y en la cinética ruminal de las hojas y tallos de *Medicago sativa* L. cv. Moapa 69, para conocer nutricionalmente las interacciones de la fenología y calidad nutricional y establecer planes de suplementación estratégica en sistemas de producción intensiva de leche del trópico alto.

Evaluar la inclusión de niveles de alfalfa en dietas para vacas lecheras al inicio de la fase de lactancia y cuantificar el efecto de los niveles en la producción y calidad de leche, definiendo el punto de equilibrio económico para una suplementación estratégica.

Evaluar la inclusión de harinas de alfalfa conjuntamente con harinas de forrajeras leñosas en la suplementación de bovinos en fases de altos requerimientos proteicos y minerales.

Generar procesos de transferencia de tecnología sobre la importancia productiva y nutricional de la *Medicago sativa* L. cv. Moapa 69.

### Referencias Bibliográficas

- Aguilar, E., Aldana, M., Zuniga, B y Garcia, M. (2018). Cal para uso Agrícola. Agricultura razonada. West Analítica y Servicios S.A. de C.V. Esmeralda No. 2847 Colonia Verde Valle 44550 Guadalajara, México. West Analítica y Servicios S.A. de C.V. Esmeralda No. 2847 Colonia Verde Valle 44550 Guadalajara, México.
- Altier, N., Rebuffo, M. y K. C. (2010). Enfermedades y plagas en pasturas. INIA.
- Alzueta, M.U., Bilbao, R., and Glarborg, P. (2001). Inhibition and sensitization of fuel oxidation by SO<sub>2</sub>. *Combust. Flame*, 127, 2234–2251.
- Ariza, C., Mayorga, O., Mojica, B., Parra, D., and Afanador, G. (2017). Use of LOCAL algorithm with near infrared spectroscopy in forage resources for grazing systems in Colombia. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 2018, Vol. 26(1) 44–52.
- Basigalup, D. (2007). El cultivo de la alfalfa en Argentina. EEA Manfredi – Edición Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires. ISBN: 978-987-521-242-8. Pg. 15.
- Baquero, J., Yacomelo, M, y Orduz, J, (2018). Efecto del yeso sobre las características químicas de un Oxisol de la Orinoquia colombiana cultivado con lima ácida Tahití, *Temas Agrarios*, Vol. 23:(2), Colombia.

Betancourt de Flores, M., Clavero, T., Razz, R. (2002). Compuestos nitrogenados en ensilajes de *Leucaena leucocephala*. Revista Científica 12(2): 566 – 568

Blanco, G., Chamorro, D., y Arreaza, L. (2005). Predicción de la respuesta productiva en bovinos lecheros suplementados con ensilaje de *Sambucus peruviana*, *Acacia decurrens* y *Avena Sativa* Usando el modelo Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) Revista CORPOICA. V6 No. 2 Julio Diciembre 86-90

Brady, N. (1999) The nature and properties of soils. 12a. ed. Prentice Hall. N.J. USA. 750 pp.

Bocángel, M. (2006) Proyecto de gestión de riesgos y seguridad alimentaria en la cuenca de san pedro / Bolivia., Evaluación de tres variedades asociadas de alfalfa en tres pisos ecológicos en el extremo Norte de Potosí.

Caires, E., Garbuio, S., Churra, G y Correa, J. (2008). Effects of soio acidity amelioration by surface living on no-till corn, soybean, and weath root growth and yield. Europ. J. Agronomy 28: 57-64.

Capacho, A., Flórez, D y Hoyos, J. (2018). Biomasa y calidad nu-tricional de cuatro variedades de alfalfa para introducir en Pamplona, Colombia. Ciencia y Agricultura. 15 (1):61-67,

Clavijo, E. y Cadena, P. (2011). Producción y calidad nutricional de la alfalfa (*Medicago sativa*) sembrada en dos ambientes diferentes y cosechada en distintos estadios fenológicos.

Tesis de pregrado. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia.

Carvajal, K y Gómez, C. (2016). Efecto de la aplicación de cal dolomita sobre el pH del suelo y rendimiento de sorgo sureño en suelos de uso agrícola, Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.

Coordinación General de Minería. (2014). Perfil de mercado de la dolomita. Ed. Secretaria de Economía S E.

Chamorro, D. (2009) Importancia de la proteína en la nutrición de Rumiantes con énfasis en la utilización de Proteínas de especies arbóreas. Corpoica. 15.

DANE. (2014). Encuesta Nacional Gropecuario - ENA 2013-2014.

Damborg, V., Stodkilde, L., Jensen, S, y Weisbjerg, M. (2018) Protein value and degradation characteristics of pulp fibre fractions from screw pressed grass, clover, and lucerne, *Animal Feed Science and Technology* 244, 93–103.

Demagnet, R. (2017). Enmiendas calcáreas. Universidad de la Frontera. Cartilla. N°2. Plan Lechero Watt'S.

Delgado, D. (2015). La Alfalfa (*Medicago sativa*): ORIGEN, MANEJO Y PRODUCCIÓN. CONEXAGRO JDC VOL. 5 – No 1. pp. 27 – 43

Delgado, J y Chaves, G. (2015). El análisis del suelo: muestreo análisis e interpretación. 1ª ed.-

Pasto: Editorial Universitaria-Universidad de Nariño. ISBN 978-958-8609-90-4

Di piero.(2003). Evaluación y medición de las enfermedades de plantas. Centro de ciencias agrarias (UFSC).

Domínguez, J. (2002). Redactor de El Tiempo., Alfalfa: la reina de las forrajeras., Sección Economía.

Del Pozo, M. (1983). La Alfalfa. Su Cultivo y Aprovechamiento. Editorial MundiPrensa.

Madrid, España. 380 p.

Estrada, A. (2002). Pastos y Forrajes para el trópico Colombiano. Editorial. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. 506 p.

Espinosa, J y Molina, E. (1999). Acidez y encalado de los suelos. Primera edición. International Plant Nutritión Institute. CIA.

Espinoza, M. y Ramos, L. (2001). El cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo. Folleto para productores. No. 22. Fundación Produce de Aguascalientes e INIFAP.

- Gaviria, X., Rivera, J y Barahona, R. (2015). Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes forrajeros de un sistema silvopastoril intensivo. *Pastos y Forrajes*, Vol. 38, No. 2.
- Gallarino, E. (2008). Heno de alfalfa conceptos generales. *Revista Agro mercado* N° 143 pág. 10-13.
- Genoy, Y., Castillo, J y Bacca, T. (2013). Oribátidos presentes en seis sistemas de uso del suelo en Obonuco, Pasto (Nariño). *ISSN 0123 - 3068 bol.cient.mus.hist.nat.* 17 (2), 60 – 68.
- Gómez, L., Mercado, V y Chamorro, D. (2009). Efecto de correctivos de suelo en el establecimiento y valor nutritivo de leucaena (*Leucaena leucocephala*) en el municipio de Fusagasugá Cundinamarca. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. vol 22 no. 3 p 518
- González, R. (2012). Ensilaje de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y ovillo (*Dactylis glomerata* L.) en contenedores de 200 litros durante las épocas de lluvia. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo.
- Hiriart, M. (2008). *Ensilados. Procesamiento y calidad*. 2da ed. Editorial Trillas, MEX.
- Hughes, H., Heath, M and Metcalf, D. (1980). *Forrajes*. Editorial CECSA. México. 758 p.
- Impulsemillas. (2019). *Alfalfa Moapa* 69.

Imfojardin. (2015). Leguminosas. Diccionario botánico.

Infoagro. (2015). ([www.infoagro.com](http://www.infoagro.com))

Intagri S.C. (2015). Manual de uso del Yeso Agrícola como mejorador de suelos.

Juncafresca, B. (1983). Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. 2a edición. Editorial Aedos  
Barcelona, España. 203 pg.

Krishnamoorthy, U., Muscato, T., Sniften, C and Van Soest, P. (1982). Nitrogen fractions in  
selected feedstuffs. J. Dairy Sci. 65:217-225.

Lanyon, E. y Griffith, K. (1988). Nutrition and Fertilizer Use. In: Alfalfa and alfalfa  
Improvement. ASA-CSSA-SSA, Madison, Wisconsin. Agronomy Monograph 29:333-  
372.

López, A. (2011). Evaluación de diferentes niveles de vinaza aplicados basalmente en la  
producción forrajera de Medicago sativa (alfalfa) v Escuela Superior Politécnica de  
Chimborazo. Riobamba Ecuador.

Mafongoya, P., Giller, K. and Palm, C. (1998). Decomposition and nitrogen release patterns of  
tree prunings and litter. Agroforestry Systems 38: 77–97.

- Marinez, L., Puentes, A y Peña, J. (2014). pH, alcalinidad y acidez. Universidad Militar Nueva Granada.
- Mora, J. (2005). Adaptación de ocho variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa*) sobre los 2 900 msnm en el sector de Pailones en la Hcda. El Prado. (Tesis de Pregrado). Facultad de Ciencias Agropecuarias-IASA. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí. Ecuador.
- Morón, A. (2000). Alfalfa: Fertilidad de suelos y estado nutricional en sistemas agropecuarios de Uruguay. INPOFOS Cono Sur. Sección Suelos - INIA La Estanzuela. (B1641ABO) Acassuso – Argentina.
- Muslera, E y Ratera, C. (1984). La alfalfa. En: Praderas y forrajes. Ed. MundiPrensa. Madrid. España, pp. 625-694.
- Muslera, P y Ratera, C. (1991). Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento. 2a Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 674 p.
- Mufarrege, Q. (2002). El calcio en la alimentación del ganado bovino para carne. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes. Argentina.
- Nelson, C y Moser, L. (1994). Plant factors affecting forage quality in Forage Quality, Evaluation, and Utilization. Based on the National Conference on Forage Quality,

- Evaluation, and Utilization held at the University of Nebraska, Lincoln, on 13-15 april 1994. Chapter 3: 115-154.
- Ortega, S. (2003). Importancia del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el estado de baja California Sur. Monografía. Universidad Autónoma Agraria.
- Odorizzi, A. (2015). Parámetros genéticos, rendimiento y calidad forrajera en alfalfas (*Medicago Sativa* L.) Extremadamente sin reposo con expresión variable del carácter multifoliolado obtenidas por selección fenotípica recurrente. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Córdoba.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. Cuarta edición. Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2019). Suelos ácidos. Portal de suelos de la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.
- Padrón, C. (2009). Diseños Experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. Ed. Trillas. México. 224 pp.
- Pérez, G. (2016). Evaluación de dos fuentes de calcio (cal agrícola, dolomita) con cuatro niveles, en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en el Cantón Pillaro-provincia de

- Tungurahua en el 2015. (Tesis de Pregrado). Facultad de Agronomía. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latuncunga. Ecuador.
- Ponce, M. (2014). Producción de Forraje – Estado de desarrollo de alfalfa con distintos grados de reposo. 1° Ed. Edit. Edwin. Argentina.
- Ramires, J. (2011). “Evaluación general de la salinidad y modelación de los riesgos de salinización en suelos del valle del cauca” uso práctico del modelo PLA para evaluar el riesgo de salinización en tierras bajo riego en la parte plana del valle del cauca. (Tesis de maestría). Colombia.
- Rebuffo, M. (2005). Programa Nacional de Plantas Forrajeras., Revista INIA - No 5., ALFALFA: Principios de manejo del pastoreo.
- Rennenberg, H. (1984). The fate of excess sulfur in higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 35:121-153.
- Rivas, M., Jacoboa, C., Castañeda, A. y Garay, J. (2005). Effect of three harvest systems on the productive performance of five commercial alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties. *TEécCHPeAcu Méx*; 43(1):79-92.
- Romero, N., Comerón, E y Ustarroz E., (1995). Manejo y utilización de la alfalfa. Edt. Producción y manejo de pasturas. Argentina, INTA, 150-170.

- Rodríguez, M., González, A., Yáñez, A., Silva, M y Gómez, C. (2013). Composición química de recursos forrajeros para la alimentación de ovinos en Colima. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. México. Folleto técnico Núm. 3.
- Romero, A., Comerón, A. y Ustarroz, E. (1995). La Alfalfa en la Argentina, INTA Cuyo, 150-170. Manejo Y Utilización De La Alfalfa.
- Romero, O. y Levio, C. (2008). Instituto De Investigaciones Agropecuarias, INIA Carillana, Casilla 58-D Temuco. Dry Matter Yiel And Quality In Five Lucerne Cultivars (Medicago Sativa) In The Araucania Region.
- Rojas, G. (1993). Fisiología Vegetal Aplicada. 4a Edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México. 275 p.
- Santos, D., Vázquez, M., Termiello, A., Garcia, M., y Millán, G. (2009). Determinación de la presencia de aluminio intercambiable en algunos suelos ácidos de la Región Pampeana con y sin enmiendas básicas. Congreso de Ingeniería Rural (CADIR).
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). (2017). Metodología de evaluación de plagas agrícolas. Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal.
- Silva, J., Santos, M., Agra da, R., Dimas, A., Regio, C y Canuto dos, L. (2019). Composição bromatológica de alfalfa (*Medicago sativa* L.) cv, "Crioula", cultivada no sertão

paraibano sob dois sistemas de plantio em diferentes idades de cortes, XV Semana de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

Soto, P. (1983). Alfalfa Recomendaciones para su establecimiento en la zona centro sur de riego.

IPA Quilamapu N° 17. Pg 3.

Toledo, J. (1982). Manual para la evaluación agronómica: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. (Vol. 1). CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT): Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira. Retrieved from.

Valderrama, X. y Anrique, R. (2011). Cinética de degradación ruminal en forrajes de alto contenido proteico en clima templado. *Chilean J Agric Res*, 71: 572-577.

Vázquez, M., Terminiello, A., Casciani, A., Millán, G., Gelati, P., Guilino, F., García, J., Kostiria, J y García, M. (2012). Evaluación del efecto de enmiendas básicas sobre la producción de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y propiedades edáficas en ámbitos templados argentinos. Universidad Nacional de la Plata.

Wingching, R y Rojas, A. (2007). Dinámica fermentativa y fraccionamiento proteico durante el ensilaje de maní forrajero (CIAT 17434). *Agronomía Mesoamericana* 18(1):55-63.

Yemaconsa, S. (2019). Yeso agrícola. Enmienda mineral de origen 100% natural de sulfato de calcio. Ed. Productos ecológicos.

Yepes, V., Díaz, N y Piñeiro, J. (2005). Encalado de establecimiento y mantenimiento de la alfalfa en suelos ácidos. Recursos Rurais. Vol 1 n° 1: 31-38. IBADER. Universidad de Santiago de Compostela.

Zambrano, R., Torres, E y Bruno, J. (1973). Oportunidad de corte en alfalfa. III Reunión de Especialistas e investigadores de forrajes del Perú. Pág. 13

Zapata, R. (2004). Química de la acidez del suelo. Cali, Colombia. ISBN 958-33-6712-5. 208 pp.

## Glosario

**Biomasa:** se refiere a la **biomasa** «útil» en términos energéticos formales: las plantas transforman la energía radiante del Sol en energía química a través de la fotosíntesis

**Simbiosis:** Asociación íntima de organismos de especies diferentes para beneficiarse mutuamente en su desarrollo vital.

**Diversidad:** se refiere a la diferencia o a la distinción entre personas, animales o cosas, a la variedad, a la infinidad o a la abundancia **de** cosas diferentes, a la semejanza.

**Nodulaciones:** Proceso biológico de formación de nódulos radiculares en la simbiosis entre microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico y ciertas especies vegetales.

**Catión:** es un ion con carga eléctrica positiva, es decir, que ha perdido electrones. Los cationes se describen con un estado de oxidación positivo. En términos químicos, es cuando un átomo neutro pierde uno o más electrones de su dotación original, este fenómeno se conoce como ionización.

**Nitrogenasas:** son enzimas utilizadas por las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico para romper el nitrógeno molecular presente en la atmósfera y combinarlo con hidrógeno, con el objetivo de formar amonio, del cual a su vez deriva la síntesis de aminoácidos y otras sustancias nitrogenadas.

**Inflorescencia:** es la disposición de las flores sobre las ramas o la extremidad del tallo; su límite está determinado por una hoja normal.

**Alcalinidad:** Los suelos alcalinos son suelos arcillosos con pH elevado, estructura pobre y densa, baja capacidad de infiltración y lenta permeabilidad. Poseen a menudo una capa calcárea compacta a una profundidad de 0.5 - 1 m. Son difíciles de cultivar para la agricultura

**Metabolismo:** es el proceso que usa el organismo para obtener o producir energía por medio de los alimentos que ingiere.

**Gramíneas:** familia de plantas monocotiledóneas de tallo cilíndrico, nudoso y generalmente hueco, hojas alternas que abrazan el tallo, flores agrupadas en espigas o en panojas y grano seco cubierto por las escamas de la flor.

**Caliza:** es una roca sedimentaria compuesta mayoritariamente por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), generalmente calcita, aunque frecuentemente presenta trazas de magnesita ( $\text{MgCO}_3$ ) y otros carbonatos.

**Metodología:** hace referencia al conjunto de procedimientos racionales utilizados para alcanzar el objetivo o la gama de objetivos que rige una investigación científica, una exposición doctrinal o tareas que requieran habilidades, conocimientos o cuidados específicos.

**Análisis bromatológicos:** son la evaluación química de la materia que compone a los nutrientes, pues etimológicamente se puede definir a la Bromatología como Broma, 'alimento', y logos, 'tratado o estudio', es decir, que la Bromatología es la ciencia que estudia los alimentos, sus características, valor nutricional y adulteraciones.

**Adaptación:** es un proceso de la evolución natural de un organismo a través de la selección natural que permita adaptarse a las condiciones de su hábitat con el fin de desarrollar con éxito sus funciones

**Genética:** es el área de estudio de la biología que busca comprender y explicar cómo se transmite la herencia biológica de generación en generación mediante el ADN.

## Apéndices

Apéndice A Establecimiento de una hectárea de alfalfa. (Medicago sativa L.).

Costos de Establecimiento de 1 hectárea de Alfalfa Moapa 69 C.I.OBONUUCO -2020					T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	
Costos Directos	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	CD + D0	CD + D1	CD + D2	CD + D3	CA + D0	CA + D1	CA + D2	CA + D3	YA + D0	YA + D1	YA + D2	YA + D3	
					Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total	Valor Total
Descripción																	
<b>Maquinaria, equipos y herramientas</b>																	
Tractor + Cíncel	Hora	3	55.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000
Tractor + Rastra	Hora	3	55.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000
Tractor + Rastrillo	Hora	3	55.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000	165.000
Tractor + Pulidor (tapado de semilla)	Hora	1	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000	55.000
Herramientas y equipos	Global	1	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
<b>Subtotal Maquinaria, equipos y herramientas</b>				<b>600.000</b>	<b>600.000</b>	<b>600.000</b>	<b>600.000</b>	<b>600.000</b>	<b>600.000</b>	<b>600.000</b>	<b>600.000</b>	<b>600.000</b>	<b>600.000</b>	<b>600.000</b>	<b>600.000</b>	<b>600.000</b>	<b>600.000</b>
<b>Mano de obra</b>																	
Aplicación de herbicida (Presiembra)	Jornal	2	25.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Siembra	Jornal	2	25.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Fertilización	Jornal	2	25.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Aplicación de insecticida	Jornal	2	25.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Aplicación de fungicida	Jornal	2	25.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Fertilización foliar	Jornal	2	25.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Aplicación de riego	Jornal	4	25.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
<b>Subtotal Mano de Obra</b>				<b>400.000</b>	<b>400.000</b>	<b>400.000</b>	<b>400.000</b>	<b>400.000</b>	<b>400.000</b>	<b>400.000</b>	<b>400.000</b>	<b>400.000</b>	<b>400.000</b>	<b>400.000</b>	<b>400.000</b>	<b>400.000</b>	<b>400.000</b>
<b>Insumos agrícolas</b>																	
Herbicida (Glifosato)	Litro	1	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000	14.000
Semilla de alfalfa Moapa 69	Kilogramo	15	44.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000	660.000
Cal dolomita dosis 1	t/ha	2,5	13.000	650.000	0	650.000	325.000	884.000	0	480.000	240.000	1.088.000	0	1.550.000	775.000	2.108.000	
Cal dolomita dosis 2	t/ha	1,25	13.000	325.000													
Cal dolomita dosis 3	t/ha	3,4	13.000	884.000													
Cal agrícola dosis 1	t/ha	1,5	16.000	480.000													
Cal agrícola dosis 2	t/ha	0,75	16.000	240.000													
Cal agrícola dosis 3	t/ha	3,4	16.000	1.088.000													
Yeso Agrícola dosis 1	t/ha	2,5	31.000	1.550.000													
Yeso Agrícola dosis 2	t/ha	1,25	31.000	775.000													
Yeso Agrícola dosis 3	t/ha	3,4	31.000	2.108.000													
Insecticida	Litro	1	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	0.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	70.000	
Fertilizante Edáfico UREA	Bulto (50kg)	12	70.000	840.000	840.000	840.000	840.000	840.000	40.000	840.000	840.000	840.000	840.000	840.000	840.000	840.000	
Fertilizante Edáfico DAP	Bulto (50kg)	2	95.000	190.000	190.000	190.000	190.000	190.000	90.000	190.000	190.000	190.000	190.000	190.000	190.000	190.000	
Fertilizante Edáfico KCL	Bulto (50kg)	4	90.000	360.000	360.000	360.000	360.000	360.000	60.000	360.000	360.000	360.000	360.000	360.000	360.000	360.000	
Fertilizante Foliar (ACMIN )	Litro	1	68.000	68.000	68.000	68.000	68.000	68.000	8.000	68.000	68.000	68.000	68.000	68.000	68.000	68.000	
<b>Subtotal Insumos Agrícolas</b>				<b>10.302.000</b>	<b>2.202.000</b>	<b>2.852.000</b>	<b>2.527.000</b>	<b>3.086.000</b>	<b>.202.000</b>	<b>2.682.000</b>	<b>2.442.000</b>	<b>3.290.000</b>	<b>2.202.000</b>	<b>3.752.000</b>	<b>2.977.000</b>	<b>4.310.000</b>	
<b>Subtotal Costos Directos</b>				<b>11.302.000</b>	<b>3.202.000</b>	<b>2.852.000</b>	<b>2.527.000</b>	<b>4.086.000</b>	<b>.202.000</b>	<b>3.682.000</b>	<b>3.442.000</b>	<b>4.290.000</b>	<b>3.202.000</b>	<b>4.752.000</b>	<b>3.977.000</b>	<b>5.310.000</b>	
<b>Costos Indirectos</b>																	
Análisis de Suelo	Unidad	1	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	8.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	
Arrendamiento terreno	Global	6	100.000	600.000	600.000	600.000	600.000	600.000	0.000	600.000	600.000	600.000	600.000	600.000	600.000	600.000	
Administración y vigilancia	Jornal	3	28.000	84.000	84.000	84.000	84.000	84.000	4.000	84.000	84.000	84.000	84.000	84.000	84.000	84.000	
<b>Subtotal Costos Indirectos</b>				<b>712.000</b>	<b>712.000</b>	<b>712.000</b>	<b>712.000</b>	<b>712.000</b>	<b>12.000</b>	<b>712.000</b>							
<b>Total, establecimiento/ha</b>				<b>2.014.000</b>	<b>3.914.000</b>	<b>3.564.000</b>	<b>3.239.000</b>	<b>4.798.000</b>	<b>.914.000</b>	<b>4.394.000</b>	<b>4.154.000</b>	<b>5.002.000</b>	<b>3.914.000</b>	<b>5.464.000</b>	<b>4.689.000</b>	<b>6.022.000</b>	

Cosecha 1 hectárea de alfalfa					Cosecha 1 hectárea de alfalfa												
Costos Directos																	
Maquinaria, equipos y herramientas																	
Guadaña	Día	3	20.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Subtotal Maquinaria, equipos y herramientas				60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Mano de Obra																	
Corte	Jornal	3	25.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000	75.000
Cargue y suministro	Jornal	2	25.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Subtotal Mano de Obra				125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000
<b>Total cosecha</b>				<b>185.000</b>	<b>185.000</b>	<b>185.000</b>	<b>185.000</b>	<b>185.000</b>	<b>185.000</b>	<b>185.000</b>	<b>185.000</b>	<b>185.000</b>	<b>185.000</b>	<b>185.000</b>	<b>185.000</b>	<b>185.000</b>	<b>185.000</b>
<b>Total establecimiento y cosecha (\$/ha)</b>					<b>4.099.000</b>	<b>3.749.000</b>	<b>3.424.000</b>	<b>4.983.000</b>	<b>4.099.000</b>	<b>4.579.000</b>	<b>4.339.000</b>	<b>5.187.000</b>	<b>4.099.000</b>	<b>5.649.000</b>	<b>4.874.000</b>	<b>6.207.000</b>	
<b>FV KG/ha/año/promedio de 3 cortes (30,35 y 40 días)</b>					17,40	18,52	18,89	18,54	17,88	17,11	18,39	18,55	18,29	19,13	17,72	20,08	
<b>FV t/ha/año (9 CORTES/40 DIAS)</b>					156,63	166,68	170,04	166,83	160,92	154,02	165,48	166,95	164,58	172,20	159,51	180,69	
<b>Costo Kg/FV/TRATAMIENTO (Primer año)</b>					\$ 26,17	\$ 22,49	\$ 20,14	\$ 29,87	\$ 25,47	\$ 29,73	\$ 26,22	\$ 31,07	\$ 24,91	\$ 32,80	\$ 30,56	\$ 34,35	
<b>Costo Kg/Fv/5 AÑOS</b>					\$ 19.185	\$ 21.928	\$ 19.584	\$ 23.311	\$ 18.674	\$ 22.627	\$ 19.610	\$ 4.516	\$ 18.259	\$ 26.452	\$ 23.698	\$ 28.297	
					\$ 20	\$ 22	\$ 20	\$ 23	\$ 19	\$ 23	\$ 20	\$ 25	\$ 18	\$ 26	\$ 24	\$ 28	