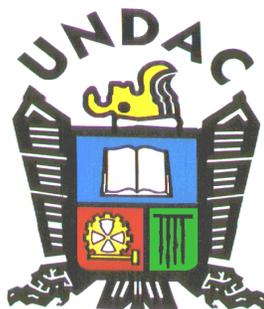


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMIA



TITULO DE LA TESIS

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y
CALIDAD NUTRICIONAL DE VARIEDADES DE CULTIVO DE
ALFALFA (*Medicago sativa*), EN LA SIERRA CENTRAL”**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Bach. **MARTINEZ MURGA** Brigitte Ángela

Bach. **LEIVA ESPINOZA** Milka Melina

Pasco – Perú

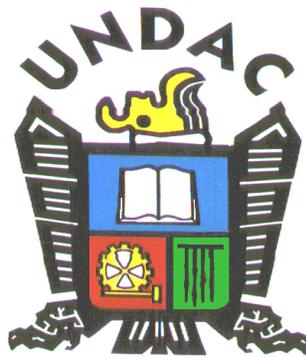
2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES

CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMIA



TITULO DE LA TESIS

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y
CALIDAD NUTRICIONAL DE VARIEDADES DE CULTIVO DE
ALFALFA (*Medicago sativa*), EN LA SIERRA CENTRAL”**

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LOS JURADOS

Mg. Eraclio HILARIO ADRAINIO
PRESIDENTE

Mg. Gina Elsi CASTRO BERMUDEZ
MIEMBRO

Mg. Moisés TONGO PIZARRO
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

Milka Melina.

Dedicado a mi MADRE SANDRA y PADRE IGNACIO con mucho amor y cariño, quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento.

Brigitte Ángela

Dedico a mi MADRE IRMA y HERMANA LIZ, que son los pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora eh logrado conseguir. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, gracias.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, particularmente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, a la Escuela de Formación Profesional de Agronomía.
- Al proyecto de Investigación: “Aplicación de Tecnologías Reproductivas para el Desarrollo de Ovinos con Mejores Índices de Productividad en Carne, Lana y Leche, Región Pasco 2013 – 2016”, Por el apoyo con el financiamiento del presente estudio.
- Al Centro Experimental Casaracra – Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por brindar las facilidades de instalación de los tratamientos.
- A mis padres y hermanos por el apoyo incondicional a lo largo de nuestra formación profesional.
- A nuestros amigos y compañeros de estudio, con quienes compartimos momentos inolvidables en esta etapa de la vida.

Auspiciado por:



INDICE DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-------------|
| JURADOS..... | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| INDICE | v |
| INDICE DE CUADROS..... | vi |
| INDICE DE IMÁGENES..... | vii |
| INTRODUCCION..... | 09 |
| I. RESUMEN..... | 12 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 14 |
| 2.1 Las Leguminosas..... | 14 |
| 2.1.1 Alfalfa..... | 14 |
| 2.1.2 Variedades de alfalfa..... | 22 |
| 2.1.3 Producción forrajera..... | 24 |
| 2.1.4 Materia verde..... | 25 |
| 2.1.5 Materia seca..... | 25 |
| 2.2 Calidad nutricional | 26 |
| 2.2.1 Proteína..... | 26 |
| 2.2.2 Fibra detergente neutro..... | 27 |
| 2.2.3 Fibra detergente acida..... | 28 |
| 2.2.4 Calcio..... | 28 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 2.2.5 | Fosforo..... | 29 |
| III. | MATERIALES Y METODOS..... | 30 |
| 3.1 | Ubicación y características del lugar de estudio..... | 30 |
| 3.2 | Equipos..... | 31 |
| 3.2.1 | Preparación de suelo..... | 31 |
| | | 32 |
| 3.2.2 | Establecimiento y cosecha de tratamientos..... | |
| 3.2.3 | Identificación de variables..... | 32 |
| | | 33 |
| 3.2.4 | Diseño de investigación..... | |
| 3.2.5 | Producción forrajera..... | |
| 3.2.6 | Análisis estadístico..... | 36 |
| 3.2.6 | Duración | 37 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 38 |
| 4.1 | Biomasa forrajera..... | 38 |
| 4.1.1 | Materia verde..... | 38 |
| 4.1.2 | Materia seca y porcentaje de materia seca (%)..... | 40 |
| 4.2 | Calidad nutricional..... | 42 |
| V. | CONCLUSIONES..... | 46 |
| VI. | RECOMENDACIONES..... | 47 |
| VII. | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 48 |
| VIII. | ANEXOS..... | 54 |

INDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Producción forrajera de las variedades de leguminosas (kg/m ²) | 35 |
| Tabla 2. Comparación de medias de variables nutricionales..... | 38 |

INDICE DE IMÁGENES

| | Pág. |
|--|-------------|
| Imagen 1. Partes de la semilla de leguminosas..... | 18 |
| Imagen 2. Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>). | 20 |
| Imagen 3. Centro experimental Casaracra. | 28 |
| Imagen 4. Instalación de tratamientos. | 30 |
| Imagen 5. Cosecha de tratamientos. | 30 |

INTRODUCCIÓN

Las regiones de Pasco y Junín cuentan con más de 3,4 millones de hectáreas de las cuales más de 1,5 millones son pastos naturales, en donde se crían aproximadamente más de 300 mil vacunos, 200 mil alpacas y más de 1,3 millones de ovinos (INEI, 2012). Cuya principal fuente alimenticia la constituyen los pastos naturales los cuales en su gran mayoría se encuentra en condición pobre y muy pobre.

En este contexto los productores que se dedican a esta actividad vienen introducción la instalación de pastos cultivados anuales como la avena. Sin embargo este producto por ser un pasto anual solo permite su uso una vez por año, siendo de este modo un constante gasto su instalación y su cosecha para cada año.

Es por ello que se propone la instalación de la alfalfa (*Medicago sativa*), ya que este es un pasto permanente y que produce constante forraje verde tanto para la venta o para la actividad ganadera. Así mismo por sus cualidades nutricionales de un alto contenido proteico (más de 18% de proteína), de gran valor nutritivo y por su producción forrajera esta puede ser usada para corte o para pastoreo.

Problema de investigación

Los pastos naturales que abarcan una extensión de más de 1 millón de hectáreas en la región de Pasco y Junín, de los cuales el 40 a 60 % se encuentran en condiciones pobres y muy pobres, así mismo, con una baja capacidad de carga y de baja calidad nutricional, causando de este modo los bajos índices de producción del ganado.

Formulación del problema

General

¿Cuál será la producción forrajera y la calidad nutricional de las variedades de *Medicago sativa* en el centro experimental de Casaracra a una altitud de 3 910 m.s.n.m.?

Específico

PE 1: ¿Cuál es el rendimiento productivo de las variedades alfalfa introducidos como alternativa para los andes?

Objetivos

- **General**

Determinar la producción forrajera y analizar la calidad nutricional de las variedades de cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*).

- **Específicos**

- Determinar la producción forrajera en materia verde y materia seca de las especies a introducir.
- Analizar el contenido de proteína total (PC).

- Analizar el contenido de fibras (FDN Y FDA).
- Analizar el contenido de minerales (Calcio y Fósforo).

Hipótesis

Hi: Se encontraran diferencias significativas entre los tratamientos con referencia a las variables de evaluación; producción forrajera y calidad nutricional entre las variedades de cultivos de alfalfa.

Ho: No, existen diferencias significativas entre los tratamientos con referencia a las variables de evaluación; producción forrajera y calidad nutricional entre las variedades de cultivos de alfalfa.

RESUMEN

El trabajo de investigación se condujo con el objetivo de conocer la producción forrajera y calidad nutricional de alfalfas en una zona alto andina en condiciones comunes. El estudio se realizó en el Centro Experimental de Casaracra, a una altitud de 3 819 m.s.n.m., pertenecientes a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Se utilizaron tres tratamientos: alfalfa WL 350, alfalfa W 440 y alfalfa Brown 6. La duración de la investigación fue 12 meses. La producción forrajera se determinó en materia verde (MV), materia seca (MS) y el porcentaje de contenido de materia seca, la cosecha se realizó en estado fenológico de floración. La metodología utilizada para la toma de datos de producción forrajera fue de **Galindo, 2009 y Arias, 2015** que consiste en realizar cortes de 10 áreas de 1 m² cada una y pesado de muestras de todas las plantas y partes para MV y para materia seca (MS), las muestras cortas fueron secadas en una estufa a 60 ° C por 48 h, seguidamente se procedió a pesar (**Galindo, 2009 y Arias, 2015**). Para la determinación de la calidad nutricional las muestras secas fueron molidas a 1 mm en un molino, y llevadas al laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina, metodología **AOAC (2005)**. Los datos obtenidos fueron procesados utilizando el diseño completamente al azar Para determinar si existieron diferencias significativas se utilizó la prueba de Tukey de significancia ($p < 0.05$), (**Kuehl, 2000 y Domínguez et al., 2012**), con ayuda del programa SAS; los tratamientos fueron T1 (alfalfa WL 350), T2 (alfalfa W 440) y T3 (alfalfa Brown

6). Los resultados obtenidos para la producción forrajera en MV y MS mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos, el porcentaje de materia seca mostro que el T1 contiene 21.85 %, T2 18.63% y 21.02 % en el tratamiento 3 encontrando diferencias significativas ($p < 0.05$) para los tratamientos. Los resultados de calidad nutricional para la variable proteína fue de entre 24.06 a 24.76 % en las alfalfas, para FDN los resultados fueron de 27.78 a 30.26 %, FDA mostro de 18.19 a 19.65 % y para los minerales en calcio se encontró contenidos de 1.61 a 2.24 % y en fósforo 0.23%, para los tratamientos, no encontrando diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos para todas las variables. Se concluye que el tratamiento 2 y 3 muestran mejor producción de forraje verde y seco siendo las variedades de alfalfa W 440 y Brown 6 recomendables para sembrar en la zona altoandina, en la calidad nutricional todos los tratamientos tienen un contenido adecuado para la alimentación de ganados.

Palabras claves: Alfalfas, casaracra, rendimientos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Las Leguminosas

2.1.1 Alfalfa

a. Origen y distribución de la alfalfa

D'Attellis (2005), señala que la alfalfa es una planta proveniente del Cercano Oriente y Centro de Asia. Existe un consenso general de que *Medicago sativa* se originó en el "Cercano Oriente Central", según la clasificación de Vavilov, zona integrada por Asia Menor, Irán y la región montañosa de Turquía. Irán constituye el centro geográfico que más comúnmente se menciona como originario de la alfalfa.

Pozo (1983), menciona que la alfalfa está hoy prácticamente extendida por todo el mundo. Sin embargo, dada la variedad de ecotipos existentes en el estado espontáneo en la región, se fija su área de origen en Asia Menor y sur de Cáucaso, abarcando esta zona geográfica Turquía, Siria, Irak, Irán, Afganistán, parte occidental de Paquistán y Cachemira. De aquí es probable que se extienda su cultivo a Grecia como consecuencia de las guerras médicas. Sería pues, los griegos le dieron el nombre de médica, que recogido por los romanos se ha conservado hasta nuestros días como denominación de su género botánico.

Frecuentemente la alfalfa ha sido llamada la reina de las plantas forrajeras y esto es cierto tanto desde un punto de vista universal como particularmente referido a nuestro país, ya que es una pieza fundamental en la alimentación del ganado en especial de producción lechera.

Si bien hoy está extendida prácticamente por todo el mundo, se fija su área de origen en Asia Menor y sur del Cáucaso, abarcando esta zona geográfica Turquía, Siria, Irán, Irak, Afganistán, parte occidental de Pakistán y Cachemira. Las referencias más antiguas proceden de Turquía (1.300 a.C.), Babilonia (700 a.C.) aunque se especula que el tráfico marítimo, altamente desarrollado 4.000 años a.C. podría haber contribuido a facilitar su difusión con mucha antelación (**Marble, 1980**).

En excavaciones arqueológicas realizadas en Turquía se hallaron pequeñas tablas de piedra que indican con claridad que hace más de 3.300 años la alfalfa era utilizada para alimentar animales. Hay evidencias, además, que esta forrajera estaba ampliamente distribuida en Media (N.O. de Irán) unos 1.000 años a.C. y que presumiblemente siguió los pasos de la civilización de este a oeste (**Itria y Bariggi, 1980**).

En el siglo IV a.C., Teófrates describió su introducción a Grecia, y Aristófanes y Aristóteles también la mencionaron y describieron con bastante detalle. Serían, pues, los griegos quienes le dieron el nombre de médica, que recogido por los romanos se ha conservado hasta nuestro día como denominación de su género botánico.

Los autores romanos describen con abundantes detalles, la importancia, cultivo y forma de aprovechamiento de la alfalfa (Plinio el Viejo, Columela y otros). Con la caída del Imperio Romano, el cultivo de alfalfa desaparece de Europa.

Los árabes la transportaron de nuevo, a través del norte de África, desde Persia hasta la recientemente conquistada España.

La llegada al nuevo mundo se produjo en el año 1519, a México. Posteriormente por la ruta del Pacífico, fue trasladada a Perú y Chile. Desde estos países, por vía terrestre, llegó a la Argentina (Marble *et al.*, 1986; D'Attellis, 2005).

b. Importancia

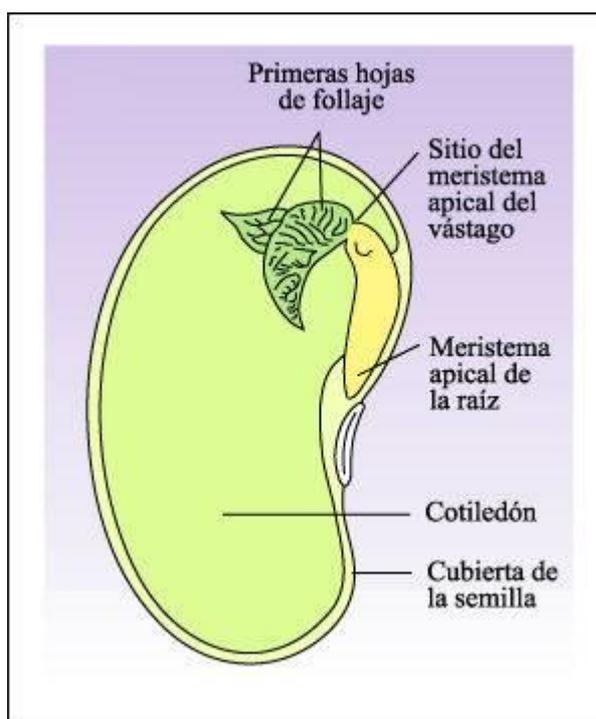
La alfalfa es un recurso fundamental para la producción agropecuaria en las regiones templadas del mundo. Su calidad nutritiva, producción de forraje, hábito de crecimiento, perennidad, plasticidad y capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico, la convierten en una especie esencial para muchos sistemas de producción agropecuaria, desde los intensivos a corral que la incluyen en la dieta animal como forraje cosechado y procesado, hasta los pastoriles que la utilizan en pastoreo directo. En la mayoría de las regiones de la Argentina donde las producciones de leche y carne son relevantes, esta especie forrajera es básica en la alimentación. Sin embargo, la dimensión real de su valor surge cuando se considera, además, el rol de esta leguminosa en la sustentabilidad de los sistemas de producción, por su función en la recuperación de la fertilidad y estabilidad edáfica.

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.

c. Factibilidad técnica

La alfalfa es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia de las Leguminosae. El hecho que sea una dicotiledónea significa que la semilla (fig. 1) está formada por dos hojas embrionales llamadas cotiledones. La semilla a su vez tiene la raíz primaria o radícula, el epicotile o punto de crecimiento sobre los cotiledones y el endosperma, que es el tejido de reserva que utiliza el embrión al germinar.

Imagen 1. Partes de la semilla de leguminosas.



c.1 Requerimientos climáticos y edáficos

León (2003), ha determinado que la alfalfa tiene una notable adaptabilidad a diversas clases de suelos, sin embargo, para un buen desarrollo de la planta es indispensable suelos profundos, con subsuelos permeables, y bien drenados. La alfalfa planta calcícola necesita suelos con 2 – 3% de Ca; requiere también P y K. **León (2003)**, señala que el pH ideal es neutro o ligeramente alcalino (6.2 – 7.8), puede vegetar con pH de 9 y llegar a pH de 11, no soporta la acidez y su límite para el cultivo es de un pH 4.5 – 5.5.

Por otro lado, se caracteriza por tener poca tolerancia a suelos con pH menores a 6.5, requiriendo de enmiendas de cal y materia orgánica a fin de elevar el pH y mejorar la estructura del suelo. La Dormancia es una característica importante a tomar en cuenta, que se puede medir de 1 a 9.

- Las alfalfas que poseen menor dormancia son las que se protegen de climas adversos como heladas y sequías, ya que hibernan protegiéndose, hasta que la temperatura y la disponibilidad de agua aumenten.
- Ha diferencia que las de mayor dormancia, las que son muy productivas, no hibernan, no soportan climas muy fríos ni periodos largos de sequía.

c.2 Necesidades hídricas

Según **Ruiz (2003)** menciona que la cantidad de agua aplicada depende de la capacidad de retención de agua por el suelo, de la eficiencia del sistema de riego y de la profundidad de las raíces. La alfalfa requiere la 16 administración hídrica de forma fraccionada, ya que sus necesidades varían a lo largo del ciclo productivo. Si el aporte de agua está por encima de las necesidades de la alfalfa disminuye la eficiencia de la utilización del agua disponible. El aporte de agua en caso de riego por inundación es de 1000 m³/ha. En riego por aspersión será de 880 m³/ha. En el año de implantación, 900 mm de agua suelen ser suficientes para satisfacer las necesidades del primer año, si se cuenta con humedad almacenada en el suelo con los riegos de presembrado. Los cultivos establecidos, como norma general, deben recibir de 1.100 a 1.200 mm/ha.año, ya sea en forma de riego o de lluvias.

c.3 Etapas fenológicas

Yzarra y Lopez (2012), manifiesta que la fenología estudia y describe los diferentes eventos fenológicos que se dan en las especies vegetales dentro de ecosistemas naturales o agrícolas en su interacción con el medio ambiente, la

Fenología trata de las condiciones climatológicas (luz, temperatura, humedad, etc.) y los fenómenos biológicos periódicos, por ejemplo: las primeras hojas, brotación de yemas florales, floración, etc. Estos fenómenos se denominan Fases o Etapas fenológicas. En las etapas fenológicas la aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos vegetales se llama Etapas., también se la define como los rangos o cambios morfológicos cíclicos que experimentan los vegetales, en función a la influencia ambiental.

d. Características nutricionales

Esta leguminosa contiene alrededor de un 50% de pared celular. La composición de la fibra es equilibrada, incluyendo por término medio un 8% de pectinas, un 10% de hemicelulosas, un 25% de celulosa y un 7% de lignina. Por ello, asegura un rápido tránsito digestivo, un aporte significativo de fibra soluble y una alta capacidad tampón. Esto unido a su elevada palatabilidad, hace de la alfalfa un ingrediente de elección en piensos de vacas de alta producción y de conejos.

El aporte de proteína, lisina y treonina es significativo, siendo algo superior en la alfalfa deshidratada. Sin embargo, su utilización digestiva es limitada, incluso en rumiantes, por la elevada concentración en taninos. Alrededor de un 25% de la proteína bruta es nitrógeno no proteico altamente soluble en el contenido ruminal. La alfalfa es una buena fuente de macrominerales (calcio, fósforo, magnesio, potasio, cloro) microminerales (zinc, cobre, hierro) vitaminas (liposolubles, grupo B) y pigmentos. El fósforo es de alta disponibilidad en monogástricos. El

contenido de hierro depende del grado de contaminación con tierra. El de potasio depende de la fertilización del terreno.

e. Potencial Productivo

La alfalfa es una leguminosa cultivada tanto en climas tropicales como templados. Varias de las variedades introducidas a Perú se adaptaron muy bien a las condiciones de la Sierra Central alcanzando altos rendimientos de materia seca que pueden variar entre 13-20 toneladas por hectárea al año en siete cortes anuales, incluyendo a los meses de bajas temperaturas (**Ordoñez et al, 2001**). A diferencia de las gramíneas, la alfalfa no posee grandes cantidades de polisacáridos de reserva en forma de pentosas, pero contiene pequeñas cantidades de almidón y relativamente grandes de pectina. Además, es considerada como la reina de los forrajes, es una especie perenne por lo general de corte, sin embargo, puede ser usada en pastoreo en monocultivo o asociado. La alfalfa posee raíces profundas lo que le permite tener una mayor tolerancia a sequías, así mismo requiere de riegos pesados.



Imagen 2. Alfalfa (*Medicago sativa*).

2.1.2 Variedades de alfalfa

a. Alfalfa WL 350

Esta variedad tiene una dormancia de 3.8, lo que le hace resistente a las sequías y heladas; cuando las condiciones son desfavorables pueden permanecer en el terreno en descanso hasta por 3 meses, luego brotar cuando las condiciones son favorables, en la sierra este periodo se da entre junio y octubre. Se ha demostrado que esta alfalfa se desarrolla con excelentes resultados entre los 2,600 y 4200 msnm, sola o en asociación con gramíneas, en terrenos con pH ideal de 5.5 a 6.8 Su cultivo sólo requiere agua de lluvia, con riego rinde mucho más. El periodo de permanencia en el terreno una vez instalada y con un manejo adecuado es de entre 15 a 20 años. Los rendimientos en seco son de 100 tm/ha año de follaje verde y con riego 140Tm/ha año de follaje verde. Es un forraje muy nutritivo, aporta el 24% de proteínas, vitaminas, fósforo, potasio, cobre, hierro y nitrógeno. Se adapta al pastoreo y a su vez permite elaborar heno, ensilado y harina (**Caritas del Perú, 2012**)

b. Alfalfa Brown 6

Es una alfalfa de dormancia 6, su productividad es directamente proporcional al periodo de lluvias del lugar donde está sembrada, se obtiene más cortes en la medida que se alargue el periodo de lluvias y disminuirá si el periodo de lluvias es más corto. En el caso de presencia de heladas detendrá la producción de materia verde en caso de clima extremo.

Beneficios

Alfalfa semidormante con producción invernal.

Mayor producción de alfalfa en zonas de jalca peruanas.

Gran producción en zonas extremadamente secas y suelos bajo secano.

Posee corona enterrada, ancha y poco profunda que le permite resistir las peores épocas de sequía y heladas, y recuperarse rápidamente en épocas primaverales.

Especificaciones

Producción 24 a 28 t MS/ha/año

Nº cortes 4 a 7 cortes por año

Tamaño 60 a 70 cm.

Longevidad 5 a 8 años

Adaptación Tierras bajo secano o riego por encima de los 3500 m.s.n.m.

Tolerancia a sequía Muy buena

| | |
|--------------|-------------------------------------|
| Enfermedades | Resistencia a enfermedades de raíz. |
| Plagas | Moderada resistencia a pulgón azul. |
| Proteína | 24% |
| Energía | 6.5 MJ/KgMS (AGP, 2013) |

c. Alfalfa WL 440

Es una variedad semi-dormante de dormancia 6, de alto rendimiento y superior calidad alimenticia. Tolera condiciones de frío intenso. Con cortes de 5 a 7 cortes por año. De familia de alfalfas, sub familia alfalfas semi dormantes. **Hortus (2013).**

2.1.3 Producción forrajera

La producción forrajera, se refiere a la proporción de materia que surge en un determinado espacio (**Galindo, 2009**). Por otro lado, el rendimiento forrajero es considerado como un producto que es necesario expresarlo en unidades de materia seca ya que un forraje puede producir gran cantidad de materia verde, pero la misma que puede llegar a estar constituida por una elevada cantidad de agua. **Arias (2015).**

2.1.4 Materia verde

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

2.1.5 Materia seca

Se define materia seca a la suma de todas las fracciones menos el agua y/o refiere a la cantidad de material que queda después de que el forraje ha sido sometido a un proceso de secado en el cual se ha extraído el agua. **Arias (2015).**

La materia seca es todo producto que no tiene humedad. Para determinar este contenido se expone el pasto forrajero que se corta al sol, se marchita y luego su color es café o amarillento oscuro debido a que pierde la mayor parte del agua. Cuando más se expone al calor un forraje más seco será. Esto es lo que se denomina materia seca. Así mismo, **Aserca (1994)** menciona que la materia seca es la suma de todas las fracciones menos el agua.

2.2 Calidad nutricional

Son las sustancias químicas contenidas en el forraje, lo cual el animal consume, descompone, transforma y utiliza para obtener energía, carne, lana y leche en la producción animal. Las sustancias analizadas en el forraje son: Proteína, fibra cruda, ceniza, ELN, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, calcio y fósforo.

2.2.1 Proteína

Villareal, 2013, menciona que Las proteínas constituyen el principal componente de la mayor parte de los tejidos, la formación de cada uno de ellos requiere de su aporte, dependiendo más de la calidad que de la cantidad que se ingiere. Existen aminoácidos esenciales que se deben suministrar a los monogástricos a través de diferentes insumos ya que no pueden ser sintetizados. El suministro inadecuado de proteína, tiene como consecuencia un menor peso al nacimiento, escaso crecimiento, baja en la producción de leche, baja fertilidad y menor eficiencia de utilización del alimento. Para cuyes manejados en bioterios, la literatura señala que el requerimiento de proteína es del 20 por ciento, siempre que esté compuesta por más de dos fuentes proteicas. Este valor se incrementa a 30 ó 35 por ciento, si se

suministra proteínas simples tales como caseína o soya, fuentes proteicas que pueden mejorarse con la adición de aminoácidos.

Rafael J. F Mora (2002), menciona que las proteínas son polímeros no ramificados contruidos de 20 alfa – aminoácidos diferentes. El potencial casi infinito de intercambio de estos 20 aminoácidos resulta en el vasto número existente de proteínas, alrededor de tres mil clases diferentes de célula. Las proteínas son constituyentes esenciales de cada una de las estructuras celulares, así como del medio extracelular y representan alrededor del 70% del peso corporal. Cada proteína en su estado natural tiene una estructura única y tridimensional denominada conformación. Esta conformación le concede a cada una especificación exquisita de función biológica. Asimismo, **Jan Koolman y Klaus (2004)**, afirma que las proteínas representan el grupo cuantitativamente más importe de macromoléculas corporales.

2.2.2 Fibra detergente neutro

Es la fibra que queda luego de hervir al forraje en una solución de detergente neutro (sulfato lauril sódico y ácido etilendiaminotetraacético, EDTA). Durante el tratamiento todo el contenido celular se disuelve y queda lo correspondiente a la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina).

2.2.3 Fibra detergente acida

Es la fibra que queda luego de someter el forraje a una solución de detergente ácido (ácido sulfúrico y bromuro de acetiltrimetilamonio). En este proceso se extrae la hemicelulosa, de tal forma que la fibra restante estará constituida por celulosa y lignina. Al igual que la fibra detergente neutra, los resultados se deben expresar en porcentaje de la materia seca evaluada

2.2.4 Calcio

Afirma **H.O.Alonso y J.A. Barcat (1993)**, que el calcio tiene una composición espacial electrónica particular que le da una superficie irregular apta para ligarse a proteínas extra e intracelulares. De allí que casi el 50% del calcio sérico está unido a proteínas, particularmente la albumina. El calcio en cantidades pequeñas, es fundamental para la actividad celular normal, pero en exceso, daña las células. Además, Este mineral tiene una composición espacial electrónica particular que le da una superficie irregular apta para ligarse a proteínas extra e intracelulares. De allí que casi el 50% del calcio sérico está unido a proteínas, particularmente la albumina. El calcio en cantidades pequeñas, es fundamental para la actividad celular normal, pero en exceso, daña las células.

2.2.5 Fosforo

Es un componente muy importante de todas las células, crucial en las moléculas biológicas, incluyendo las de transferencia de energía como ATP Y NADP, ácidos nucleicos y fosfolípidos de las membranas celulares. Los animales obtienen su fosforo como fosfatos orgánicos e inorgánicos de los alimentos. Las plantas toman el fosforo como fosfato inorgánico, que se transforma en compuestos orgánicos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y características del lugar de estudio

El estudio se llevó a cabo en el centro experimental de Casaracra perteneciente a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, el cual se localiza en el distrito de Paccha, provincia Yauli y región Junín, formando parte de la cuenca alta del río Mantaro, entre las coordenadas $11^{\circ}27'34.01''$ latitud sur y $75^{\circ}57'32.99''$ longitud oeste, a una altitud de 3 819 m.s.n.m. (Arias, 2015) por sus antecedentes productivos es predominante para la explotación ganadera, con una temperatura media de 8° C, con una precipitación pluvial de 700 mm al año en forma variada, siendo los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo los de mayor precipitación pluvial. El escenario edáfico estuvo conformado por suelos relativamente profundos, fuertemente ácido, pH 4.7, pobre de carbonatos, 0.0%, con materia orgánica, 6.27%, Fósforo, 3.1 ppm, y Potasio 132 ppm. La textura predominante Franco Arenoso. El porcentaje de saturación de bases, 54%, la capacidad de suma de cationes 11.45% (Arias, 2015). El tipo de vegetación es pajonal por la presencia dominante del; *Festuca dolichophylla*, *Festuca Inarticulada* y *Stipa ichu* (Arias, 2015).

Imagen 3. Centro experimental Casaracra.



3.2 Equipos

3.2.1 Preparación de suelo

La preparación de suelo se realizó utilizando un tractor agrícola iniciándose con el barbecho utilizando el arado de disco a una profundidad de 30 cm la cual permitirá aflojar el terreno y permitir el ingreso de las raíces y su mejor establecimiento, para luego ser pasado por la rastra con el objetivo de disminuir los espacios libres llenos de aire que hay en el suelo después del arado, seguidamente preparar una mejor cama de siembra **(Benites,1992)**.

3.2.2 Establecimiento y cosecha de tratamientos

Se establecieron tres tratamientos:

Tratamiento 1 = alfalfa WL 350

Tratamiento 2 = alfalfa W 440

Tratamiento 3 = alfalfa Brown 6

Los tratamientos fueron instalados en 50 m² para cada tratamiento con una densidad de siembra de 35 kg/ha y para el área de la investigación la densidad a utilizar fue de 75 gramos por tratamiento.

Se sembraron con el método al voleo sin ninguna dosis de fertilización (**Giraldo, 1985 y Arias, 2015**) en fecha 09 de febrero del 2017 para los tratamientos.

3.2.3 Identificación de variables

Variables Independientes

Producción forrajera

Materia verde (MV)

Materia seca (MS)

Variables dependientes

Calidad nutricional

Proteína total (% PC)

Contenido de fibras (% FDN y %FDA)

Contenido de minerales (Ca y P)

3.2.4 Diseño de investigación

Tratamientos

Se evaluaron 3 tratamientos, los cuales fueron las variedades de alfalfa: Brown 6, w 350 y w 440.

| N° | Clave | Variedad de alfalfa | Densidad (gramos) |
|----|-------|---------------------|-------------------|
| 1 | T1 | Brown 6 | 175 |
| 2 | T2 | W 350 | 175 |
| 3 | T3 | W440 | 175 |

Imagen 4. Instalación de tratamientos.



Los tratamientos fueron cosechados en un estado fenológico de inicio de floración el cual presentó en el mes de octubre del mismo año, siendo el día 29 de octubre la toma de muestras de la producción forrajera.

Imagen 5. Cosecha de tratamientos.



3.2.5 Producción forrajera

La producción forrajera se estimó en materia verde y materia seca. Para la estimación de la biomasa forrajera en materia verde (MV) kg/ha, se seleccionaron áreas de muestreo al azar utilizando un cuadrante de 1 m², realizándose 10 cortes por los 50 m² por cada tratamiento, luego se pesó con la ayuda de una balanza electrónico de alta precisión todas las muestras que contenían las diferentes partes de las plantas (tallos, hojas y granos). Para obtener el rendimiento en materia seca (MS) en kg/ha, se utilizaron las muestras que sirvieron para estimar materia verde, las cuales se dejaron orear al aire libre para reducir la humedad y luego fueron llevados a la estufa a 60°C por espacio de 48 horas, seguido de se

procedió a tomar los pesos y se estimó el rendimiento en MS (Galindo, 2009).

Además, para calcular el porcentaje de materia seca (%MS) del forraje se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ MS} = \left(\frac{P_i - P_f}{P_i} \right) \times 100$$

Donde:

%MS = Porcentaje de materia seca

P_i = Peso inicial

P_f = Peso final

3.2.6 Calidad nutricional

La calidad nutricional se determinó llevando las muestras secas de avena asociado con la vicia, los cuales fueron molidos a 1mm en un molino Wiley (Arthur H. Tomas Philadelphia, PA). Para conocer los contenidos de Proteína Total (PC), Calcio (Ca) y Fosforo (P). Se determinó mediante el Análisis Micro Kjeldahl, Titulación con Permanganato de Potasio y Espectrofometría con Molibdato de Amonio (AOAC, 2005). El contenido de Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Acida (FDA), se estimó por la técnica de (AOAC, 2005). Estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de

Alimentos de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

3.2.7 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron procesados mediante el diseño completamente al azar (DCA) (Kuehl, 2000 y Domínguez *et al.*, 2012), cuyo modelo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = u + t_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = variable de respuestas (producción forrajera y calidad nutricional).

u = promedio general.

t_i = efecto del tratamiento (WL 350, Brown 6 y W 440)

E_{ij} = error del tratamiento

Para determinar las diferencias estadísticas en las medias obtenidas para las variables se realizó mediante la prueba de Tukey al 5% (Kuehl, 2000). Para analizar estadísticamente se utilizó el programa SAS.

3.2.8 Duración

La investigación tuvo una duración de 12 meses que comprendió la fase de campo, laboratorio, gabinete y redacción de la tesis.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Biomasa forrajera

4.1.1 Materia verde

La producción de forraje para las leguminosas en el estudio realizado mostro que para la materia verde encontramos diferencias significativas ($p < 0.05$) para los tratamientos, la variedad de alfalfa W440 (T2) y Brown 6 (T3) no mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) con resultados de 2.37 kg/m^2 para el tratamiento 2 y 2.13 kg/m^2 para el tratamiento 3; ambos tratamientos mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en referencia a la variedad WL 350 (T1).

En estudios realizados como el de **Noli. C et al., (2012)** quien instalo seis variedades de alfalfas a una altitud de 3 600 m.s.n.m., donde las variedades fueron; California 55, WL 625 Hq, WL Beacon, AGP – WL 350, Rebound y Joya llegaron a producir 1.87, 1.50, 1.38, 0.58, 1.03 y 0.85 kg/m^2 respectivamente en materia verde, sin embargo, los resultados mostrados fueron menores a los encontrados por nuestro estudio. **Noli. C et al., (2005)** instalo 3 variedades de alfalfa a una altitud de 3 290 m.s.n.m., California 55 (T1), WL Beacon (T2) y WL 625 Hq (T3)

los cuales mostraron una producción de 1.6, 1.7 y 1.6 kg/m² de forraje verde. **Argote, G et al., (2003)** obtuvo resultados de 1.48, 1.45, 0.88, 0.87 0.78 y 0.61 kg/m² para las variedades de Rebound, Joya, California 52, Ranger, Bella Campagnola e Iside, respectivamente los cuales fueron instalados a una altitud de 3 815 m.sn.m.

Rojas (2017) mostro resultados de producción de forraje verde de 3.83, 3.43 y 3.33 kg/m² para la variedad de alfalfa tropical, estudio que se desarrolló a una altitud de 122 m.s.n.m. Rosado, A, 2011 reporto resultados para la producción de forraje verde de acuerdo a la profundidad de siembra los cuales fueron sembrandos a 5, 10, 15 y 20 cm, con los rendimientos de 12.23, 12.17, 13.20 y 13.43 tn/ha para el primer corte, estudio que se llevó acabo a una altitud de 2 750 m.s.n.m.

Tabla 1. Producción forrajera de las variedades de leguminosas (kg/m²).

| Variable | Tratamientos | | |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| | WL 350 | W 440 | Brown 6 |
| Materia Verde (MV kg/m ²) | 1.12 ^b | 2.37 ^a | 2.13 ^a |
| Materia Seca (MS kg/m ²) | 0.26 ^b | 0.44 ^a | 0.45 ^a |
| Porcentaje Materia Seca (% MS) | 21.85 ^a | 18.63 ^b | 21.02 ^{ba} |

(^{a,b}) Letras diferentes en cada columna revelan diferencias entre tratamientos (p<0.05).

4.1.2 Materia seca y porcentaje de materia seca (%)

La producción de forraje en materia seca mostro diferencias significativas ($p < 0.05$) para el tratamiento 1 en referencia a los tratamientos 3 y 4. La tabla 1, muestra la producción de forraje encontrado por m^2 para cada variedad de alfalfa. En el análisis de porcentaje se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos, el tratamiento 2 contiene un porcentaje de materia seca menor en comparación a los tratamientos 1 y 3.

Noli. C et al., (2012) reporto rendimientos de forraje seco de 0.45, 0.33, 0.34, 0.14, 0.23 y 0.28 kg/m^2 para las variedades de California 55, WL 625 Hq, WL Beacon, AGP – WL 350, Rebound para el mismo orden, para el porcentaje de materia seca (%) el mismo, autor encontró 23.8 % para la variedad California 55, 22.1 % en la WL 625 Hq, 24.6 % en la WL Beacon, 25.4% en el AGP – WL 350, 22.3 % en el Rebound y en la variedad Joya 25.5 % de materia seca.

Noli. C et al., (2005) en la estación experimental agraria Santa Ana del INIA a una altitud de 3 290 m.s.n.m., reporto contenidos de forraje seco de 0.48 kg/m^2 para la alfalfa California 55, 0.54 kg/m^2 en la WL Beacon y 0.49 kg/m^2 para la variedad WL 625 Hq; los rendimientos del porcentaje de materia seca (%) fueron de

30.18, 32.16 y 31.67 % para los tratamientos: California 55, WL Beacon y WL 625 Hq.

Argote. G et al., (2003) reporto resultados de producción de forraje seco para 6 variedades de alfalfa como el Rebound que mostro 0.48 kg/m², Joya 0.48 kg/m², California 52 0.29 kg/m², Ranger 0.24 kg/m², Bella Campagnola 0.28 kg/m² e Iside con 0.34 kg/m² para la zona de vida Puna a una altitud de 3 815 m.s.n.m.

Rojas (2017) mostro resultados de producción de forraje seco de 0.83, 0.66 y 0.51 kg/m² para la variedad de alfalfa tropical, el análisis del contenido de porcentaje fue de 21.7, 19.2 y 0.15 % de contenido de materia seca, las diferencias de porcentaje de materia seca se deben a la edad de la planta a mayor edad más porcentaje de materia seca (%) el estudio fue desarrollado a una altitud de 122 m.s.n.m. Al respecto **Rosado (2011)** reporto resultados de producción de forraje seco de 0.25, 0.25, 0.25 y 0.30 kg/m² para la alfalfa de acuerdo a la profundidad de siembra 5, 10, 15 y 20 cm donde se concluye que la siembra a una profundidad de 20 cm se obtiene mejor producción de forraje seco y verde, el estudio se llevó a cabo a una altitud de 2 750 m.s.n.m., el contenido del porcentaje de materia seca (%) en este estudio mostro los siguientes resultados; 20.5% para la siembra a una profundidad de 5, 10 y 15 cm y 22.4% de materia seca en una siembra de 20 cm de profundidad.

4.2 Calidad nutricional

La tabla 2, muestra los resultados del análisis de calidad nutricional de las variedades de alfalfa WL 350, W 440 y Brown 6, donde se observa que no se presentó efectos significativos ($p < 0.05$) para todas las variables evaluadas: proteína total, fibra detergente neutra, fibra detergente acida, calcio y fósforo, para los tratamientos en estudio

El contenido de *proteína total* de los tratamientos fue de 24.76 % para la alfalfa WL 350, 24.06 % en la variedad W 440 y 24.37 % en la Brown 6, no mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos. En estudios realizados por **Capacho et al., (2018)** obtuvo resultados de 4 variedades de alfalfas; Moapa 69, SW 8718, SW 8210 y Cuf 101 que fueron de 21.10, 20.40, 18.83 y 19.76 % de contenido de proteína para las variedades de leguminosa. **Garcia et al., (2010)** obtuvo 23.89%, **Basigalup (2004)** encontró 23.7 % de contenido de proteína. En otro estudio realizado por **Plevich et al., (2012)** que encontró 20% de proteína, sin embargo, los datos reportados por los investigadores mencionados arriba son menores a los encontrados por nuestro estudio, las diferencias de los resultados obtenidos pueden variar a muchos factores como el lugar de siembra, fecha de siembra, piso ecológico, condiciones climáticas y otros.

Tabla 2. Comparación de medias de variables nutricionales.

| Variable | Tratamientos | | |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | WL 350 | W 440 | Brown 6 |
| Proteína total (PT%) | 24.76 ^a | 24.06 ^a | 24.37 ^a |
| Fibra detergente neutra (FDN%) | 27.78 ^a | 30.26 ^a | 29.26 ^a |
| Fibra detergente acida (FDA%) | 18.19 ^a | 19.65 ^a | 18.44 ^a |
| Calcio (Ca%) | 2.24 ^a | 1.61 ^a | 2.01 ^a |
| Fósforo (P%) | 0.24 ^a | 0.23 ^a | 0.23 ^a |

(^{a,b}) Letras diferentes en cada columna revelan diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$).

El contenido de *Fibra detergente neutra* en el estudio no mostro resultados con diferencias significativas ($p > 0.05$) para los tratamientos, donde el tratamiento 1 reporto 27.78 %, tratamiento 2 30.26 % y el tratamiento 3 29.26 % de fibra detergente neutra. **Capacho et al., (2018)** obtuvo 49.50% en la alfalfa Moapa 69, 45.80 y 53.63 % en las variedades SW 8718 y SW 8210, la variedad Cuf 101 reporto 52.30 %. **Gonzales (2012)** en su investigación informo un 51 % de FDN mientras que **Basigalup (2004)** refiere un 32,7% de FDN en un estadio de botón floral.

De acuerdo a la **NRC, 2007** menciona que la dieta de rumiantes debe contener al menos de 25 a 35% de fibra detergente neutra para asegurar un buen funcionamiento del rumen, la fibra detergente neutra consumida favorece a la producción de saliva. En tal contexto, los resultados de fibra detergente

neutra obtenidas por nuestro estudio se encuentran en los parámetros indicados por la NRC.

El contenido de *fibra detergente ácida* para la WL 350 fue de 18.19 %, 19.65 % para W 440 y 18.44 % para la leguminosa Brown 6, no encontrándose diferencias significativas ($p>0.05$) entre tratamientos. **Capacho et al., (2018)** obtuvo para el Moapa-69 38.56 % de FDA, SW-8718 33.53 %, SW-8210 40.56 de FDA y en el Cuf-101 se encontró 38.06 % FDA. **López (2011)** reportó 30 % y Cardona, 2012 obtuvo 29.9 % de FDA. La **NRC (2007)** menciona que los contenidos adecuados de fibra detergente ácida son de 21% a 27% considerados como ideal para los rumiantes.

En lo que refiere a los minerales el *contenido de calcio* el estudio no mostró diferencias significativas ($p>0.05$) para los tratamientos. La WL 350 mostró 2.24 %, W-440 1.61 % y en la variedad Brown 6 se encontró 2.01 % de Ca. **Capacho et al., (2018)** reportó resultados de 1.47, 1.66, 1.59 y 1.38 % de calcio para las variedades de alfalfa Moapa-69, SW-8718, SW-8210 y Cuf-101. En otras investigaciones **Mora (2005)** encontró 1.36 % de Ca, **Mufarrege (2002)** halló un porcentaje de Ca del 1.43 % y **Rodríguez et al., (2013)** reportan un 0.56 % de calcio, valores que se encuentran por debajo de los reportados en nuestro estudio. El contenido de Calcio en el forraje puede variar de acuerdo a los niveles de presencia de este mineral en el suelo, el manejo del terreno, la época de corte del forraje.

Para finalizar el contenido de **Fósforo** en el estudio fue de 0.24 % para el tratamiento WL 350 y 0.23 % de fósforo para las variedades W 440 y Brown 6, no encontrando diferencias significativas ($p>0.05$) entre tratamientos. **Capacho et al., (2018)** reporto 0.36, 0.34, 0.37 y 0.40 % de fosforo para las variedades de alfalfa Moapa-69, SW-8718, SW-8210 y Cuf-101. En investigaciones como **Mora (2005)** indica un porcentaje de 0.27 % de P, **Urbano y Dávila (2003)** mencionan el 0.37 % de fósforo y **Mufarrege (2002)** obtuvo un porcentaje de fósforo del 0.38 % en la alfalfa los cuales son mayores los contenidos a los encontrados por este estudio.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se desarrolló el presente trabajo de investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Que los tratamientos 2 (W 440) y 3 (Brown 6) obtuvieron mejores resultados en la producción de forraje verde y seco en comparación al tratamiento 1 (WL 350).
2. El porcentaje de materia (%) mostro diferencias significativas ($p < 0.05$) para los tratamientos, mostrando mayor contenido de materia seca para el tratamiento 1.
3. El contenido de proteína en los tratamientos no mostro diferencias significativas ($p < 0.05$), obteniendo un resultado de entre 24.06 % a 24.76 %.
4. El contenido de fibra detergente neutra es adecuado en los tratamientos para la alimentación de rumiantes de acuerdo a los requerimientos de la NRC.
5. Que ambos tratamientos contienen altos contenidos de minerales calcio y fósforo para la alimentación de rumiantes.
6. Se recomienda el tratamiento 1 (WL350) para su cultivo en esta zona alto andina ya que soporta heladas y sequías además que su ciclo de vida es de 10 a 20 años.

7.

VI. RECOMENDACIONES

1. Evaluar la producción de forraje verde y seco de las leguminosas realizando las correcciones de suelos (pH) y la fertilización de suelos con N P K para optimizar el potencial productivo y su calidad.
2. Instalar más variedades de leguminosas (alfalfas) en la zona alto andina con el objetivo de evaluar la adaptabilidad y calidad de las nuevas especies con el objetivo de mejorar el piso forrajero para la alimentación de ganados.
3. Realizar ensayos con animales para evaluar rendimientos productivos de los ganados en distintas etapas fisiológicas.
4. Se recomienda realizar ensayos experimentales en la instalación de las leguminosas asociadas con gramíneas para obtener mejor biomasa forrajera y calidad nutricional.
5. Evaluar la producción forrajera y calidad nutricional de las leguminosas en diferentes momentos fenológicos de la alfalfa.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **AOAC, 2005.** Official methods of Analysis of AOAC International, 18th edition, AOAC International, Maryland, USA.
2. **Argote, G; Halanoca, M y Cabrera Pedro. 2003.** Comparativo y adaptación de variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) en el altiplano de Puno. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria – INIEA.
3. **AGP. 2013.** Disponible en:
<http://www.agpsac.com/Semillas/Producto/Brown-6>
4. **Arias A, A.G. 2015.** Estudio de la fenología, rendimiento forrajero, y valor nutritivo de dos variedades de avena (Mantaro 15 y Criolla) en los C.E. Casaracra y Alpaicayan – UNDAC, Papaná y Huayllay. Tesis para optar el Título de Ingeniero Zootecnista. Escuela de formación profesional de Zootecnia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco-Perú. 113 pp.
5. **Aserca, 1994.** La producción de avena en México. Revista Claridades Agropecuarias, N. 14. SAGARPA.
6. **Basigalup D. 2004.** El cultivo de la alfalfa en la Argentina. EEA Manfredi - INTA. Argentina.
7. **Benites, J.R. 1992.** Clasificación de los sistemas de labranza. pp. 7-8. *In:* Manual de sistemas de labranza para América Latina. Boletín de Suelos 66. Food and Agricultural Organization. Roma, Italia.

- 8. Capacho-Mogollón, A., Flórez-Delgado, D., y Hoyos-Patiño, J. 2018.** Biomasa y calidad nutricional de cuatro variedades de alfalfa para introducir en Pamplona, Colombia. *Ciencia y Agricultura*. Vol. 15(1), 61-67.
- 9. Caritas del Perú, 2012.** Disponible en: <https://docplayer.es/4080860- Caracteristica-de-la-alfalfa-dormante-w350.html>.
- 10. D'Attellis R. 2005.** Alfalfa (*Medicago sativa*) producción de semilla. Gobierno de la provincia de Catamarca. Ministerio de producción y desarrollo. Catamarca Argentina. 47 p.
- 11. Domínguez, A.; Toro, E; Acuña, J. 2012.** Una comparación entre métodos estadísticos clásicos y técnicas metaheurísticas en el modelamiento estadístico. *Scientia Et Technica*. 17 (50): 68-77.
- 12. E. Ciria Nolí Hinostroza; Custodio Bojorquez. R y José Hugo Ordoñez Flores. 2005.** Caracterización del cultivo de alfalfa con dormancia 9 en época seca en la sierra central del Perú. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria – INIEA, Estación Experimental del Centro de Investigaciones IVITA - El Mantaro F.M.V.-UNMSM.
- 13. Galindo V. J. A. 2009.** Evaluación de componentes morfológicos de avena, ballico anual y veza de invierno en monocultivo y asociación para invierno, en Tecamac, México. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 76 p.

- 14. García C., Vázquez B., Lorenzo L., García A., Petisco' C., Vicente S., García Y. 2010.** Evaluación de 26 cultivares de alfalfa en el Oeste Español. Pastos. Vol. 40(2): 189- 210.
- 15. Giraldo 1985.** Manual de establecimiento de pasturas. Colombia.
- 16. Gonzales O, R. 2012.** Ensilaje de alfalfa (*Medicago sativa l.*) y ovillo (*Dactylis glomerata l.*) en contenedores de 200 litros durante la época de lluvias. Para optar el grado de Maestro en Ciencia en Innovación Ganadera. Posgrado en Producción Animal. Departamento de Enseñanza, Investigación y servicios en Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo – Estado de Mexico. 53 pp.
- 17. H. O. Alonso y J.A. Barcat. 1993.** Revista de medicina.
- 18. Hortus, 2013.** Disponible en:
<http://www.hortus.com.pe/Hortus/productoA.php?nombre=Alfalfa%20WL-440HQ>
- 19. Itria, C. D. y Bariggi, C. 1980.** Producción de semilla de alfalfa en Argentina. In: Simposio de Producción de Semilla de Alfalfa. IDIA. Argentina n° 391-392:1-4
- 20. Koolman K, J. y Rohm, H. 2004.** Bioquímica texto y atlas. 3a Edición. Editorial Medica Panamericana. Madrid – España.
- 21. Kuehl, R.O. 2000.** Diseño de experimentos. 2 ed. Thomson Learning, México D.F. 666p.
- 22. León, E. 2003.** Pastos y Forrajes, Producción y Manejo. (Folleto pastos y forrajes). Universidad Central. 251 p.

- 23. López A. 2011.** Evaluación de diferentes niveles de vinaza aplicados basalmente en la producción forrajera de *Medicago sativa* (alfalfa). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba Ecuador.
- 24. Marble, V. L. 1980.** Manejo del cultivo de alfalfa para la producción de semilla. In: Simposio de Producción de Semilla de Alfalfa. IDIA. Argentina N° 391-392:6-23.
- 25. Marble, V. L.; L. H. Ochoa y C. J. Moschetti 1986.** Producción de semilla de alfalfa. In: Investigación, Tecnología y Producción de Alfalfa. INTA Colección Científica. Cap. 11. 371-442.
- 26. Mora J. 2005.** Adaptación de ocho variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa*) sobre los 2900 m. s. n. m. en el sector de pailones en la hacienda El Prado. Ecuador.
- 27. Mufarrege, Q. 2002.** El calcio en la alimentación del ganado bovino para carne. E.E.A. INTA Mercedes, Corrientes. Argentina.
- 28. Noli C.; Olivera E.; Nestares A.; Portocarrero M. 2012.** Caracterización Agronómica al Establecimiento de Pastos Cultivados en las Comunidades de los Chopccas en la Región Huancavelica. XXXV Reunión anual de producción animal (APPA).
- 29. NRC. 2007.** Nutrient requirement of small ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and new world camelids. National Research Council, National Academic Press, Washington.
- 30. Ordoñez J, Bojorquez C, Arana C, Ciria N. 2001.** Producciones de materia seca (kg/ha) de variedades de alfalfa sin latencia invernal en el Valle del Mantaro. Rev Inv Vet Perú (Supl. 1): 241-243.

- 31. Plevich J., Delgado A., Saroff C. 2012.** El cultivo de alfalfa utilizando agua de perforación, agua residual urbana y precipitaciones. Rev. bras. eng. agríc. ambient. 16(12).
- 32. Pozo, M. 1983.** La Alfalfa su cultivo y aprovechamiento. Madrid – España. Mundi-Prensa editorial. 380 pág.
- 33. Rafael J. F Mora. 2002.** Soporte nutricional especial. 3a. Edición. Editorial Medica Panamericana. Bogota – Colombia.
- 34. Rodríguez M., González A., Yáñez A., Silva M., 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.
- 35. Rojas L, N. V. 2017.** Producción de biomasa, calidad nutricional y capacidad de carga de la Alfalfa Tropical (*Medicago sativa*) en Zungarococha – Iquitos. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Escuela profesional de Agronomía. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos – Perú. Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco-Perú. 91 pp.
- 36. Rosado S, A. E. 2011.** Utilización de diferentes profundidades de labranza mínima en el establecimiento de alfalfa (*Medicago sativa*) y su efecto en los rendimientos productivos. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Escuela de Ingeniería Zootecnia. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador. 85 pp.

- 37. Ruiz, C. 2003.** Proyecto de pelletización de alfalfa (*Medicago sativa*). Tesis en Ingeniería en Industrialización de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- 38. Urbano D. y Dávila C. 2003.** Evaluación del rendimiento y composición química de once variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) bajo corte en la zona alta del estado Mérida, Venezuela. Rev. Fac. Agron. 20(1): 97-107
- 39. Villareal V, N. A. 2013.** Evaluación de tres dietas alimenticias a base de llantén forrajero (*Plantago lanceolata*), maíz (*Zea mays*) y avena forrajera (*Avena sativa*), para la ganancia de peso en cuyes en etapa de crecimiento. Tesis de Ingeniero en desarrollo integral Agropecuario. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Tulcán-Ecuador.
- 40. Yzarra y López. 2012.** Manual de Observaciones Fenológicas. S/editorial. 98 p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Fotos de localización.

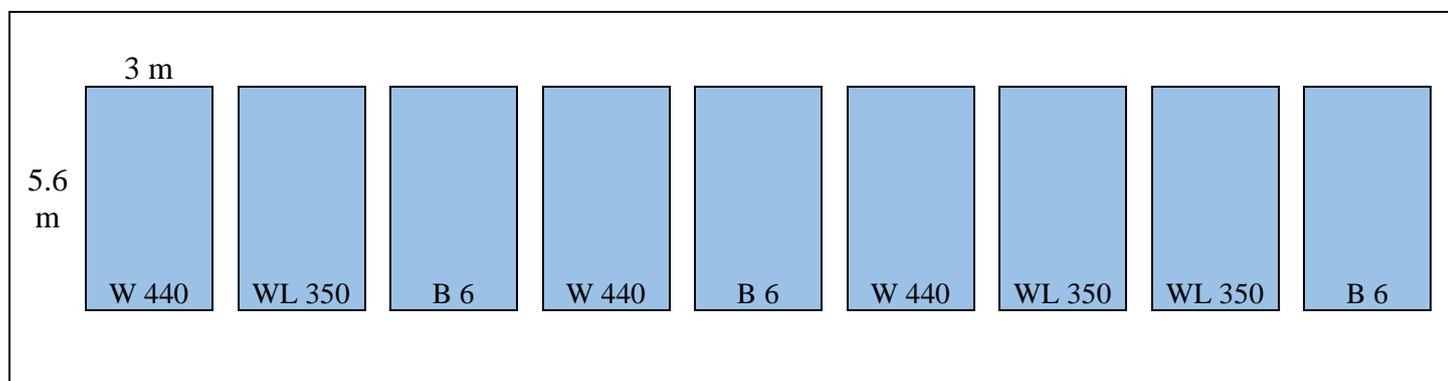
Foto 1. Vista satelital del centro experimental Casaracra – UNDAC.



Foto 2. Ubicación de los tratamientos instalados.



Anexo 2. Gráfico de distribución al azar de tratamientos.



Anexo 4. Base de datos de producción forrajera.

| Lugar: Casaracra | | |
|------------------------------------|---|-------------------------|
| Altitud: 3910 | | |
| Tratamiento: Alfalfa wl 350 | | |
| # de Rpt. | Rendimiento de materia verde | Materia seca |
| R1 | 0.60 | 0.14 |
| R2 | 0.30 | 0.07 |
| R3 | 0.70 | 0.16 |
| R4 | 1.10 | 0.26 |
| R5 | 2.10 | 0.49 |
| R6 | 1.20 | 0.28 |
| R7 | 1.50 | 0.35 |
| R8 | 1.30 | 0.31 |
| R9 | 0.90 | 0.21 |
| R10 | 1.50 | 0.35 |
| Promedio | 1.12 | 0.26 |
| kg/ha | 11200 | 2632 |

| Lugar: Casaracra | | |
|-----------------------------------|---|-------------------------|
| Altitud: 3910 | | |
| Tratamiento: Alfalfa w 440 | | |
| # de Rpt. | Rendimiento de materia verde | Materia seca |
| R1 | 2.70 | 0.50 |
| R2 | 2.20 | 0.41 |
| R3 | 2.30 | 0.43 |
| R4 | 2.10 | 0.39 |
| R5 | 3.70 | 0.68 |
| R6 | 3.60 | 0.67 |
| R7 | 1.20 | 0.22 |
| R8 | 1.80 | 0.33 |
| R9 | 1.50 | 0.28 |
| R10 | 2.60 | 0.48 |
| Promedio | 2.37 | 0.44 |
| kg/ha | 23700 | 4384.5 |

| Lugar: Casaracra | | |
|-------------------------------------|---|-------------------------|
| Altitud: 3910 | | |
| Tratamiento: Alfalfa Brown 6 | | |
| # de Rpt. | Rendimiento de materia verde | Materia seca |
| R1 | 2.50 | 0.53 |
| R2 | 3.40 | 0.71 |
| R3 | 3.60 | 0.76 |
| R4 | 2.40 | 0.50 |
| R5 | 2.30 | 0.48 |
| R6 | 2.20 | 0.46 |
| R7 | 0.90 | 0.19 |
| R8 | 0.80 | 0.17 |
| R9 | 1.60 | 0.34 |
| R10 | 1.60 | 0.34 |
| Promedio | 2.13 | 0.45 |
| kg/ha | 21300 | 4473 |

| Lugar: Casaracra | | | |
|---|------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Altitud: 3810 | | | |
| Tratamiento: Alfalfa wl 350 (MATERIA SECA) | | | |
| # de Rpt. | Peso inicial (gr) | Peso final (gr) | porcentaje (%) |
| R1 | 156.5 | 33.6 | 21.47 |
| R2 | 154.7 | 36.5 | 23.59 |
| R3 | 168.2 | 39.9 | 23.72 |
| R4 | 158.2 | 37.3 | 23.58 |
| R5 | 133.5 | 37.2 | 27.87 |
| R6 | 185.9 | 40.3 | 21.68 |
| R7 | 165.6 | 39.5 | 23.85 |
| R8 | 155.3 | 33.2 | 21.38 |
| R9 | 160.4 | 28.5 | 17.77 |
| R10 | 162.2 | 22.1 | 13.63 |
| Promedio | 160.05 | 34.81 | 21.85 |

| Lugar: Casaracra | | | |
|--|------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Altitud: 3810 | | | |
| Tratamiento: Alfalfa w 440 (MATERIA SECA) | | | |
| # de Rpt. | Peso inicial (gr) | Peso final (gr) | porcentaje (%) |
| R1 | 208.8 | 39.8 | 19.06 |
| R2 | 183.1 | 32.5 | 17.75 |
| R3 | 158.6 | 28.7 | 18.10 |
| R4 | 180.5 | 32.4 | 17.95 |
| R5 | 147.8 | 33.3 | 22.53 |
| R6 | 202.0 | 35.7 | 17.67 |
| R7 | 156.8 | 29.1 | 18.56 |
| R8 | 198.7 | 34.6 | 17.41 |
| R9 | 127.0 | 23.8 | 18.74 |
| R10 | 173.7 | 32.2 | 18.54 |
| Promedio | 173.70 | 32.21 | 18.63 |

| Lugar: Casaracra | | | |
|--|------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Altitud: 3810 | | | |
| Tratamiento: Alfalfa Brown 6 (MATERIA SECA) | | | |
| # de Rpt. | Peso inicial (gr) | Peso final (gr) | porcentaje (%) |
| R1 | 211.3 | 40.7 | 19.26 |
| R2 | 194.1 | 41.3 | 21.28 |
| R3 | 213.1 | 48.7 | 22.85 |
| R4 | 178.1 | 33.8 | 18.98 |
| R5 | 204.8 | 45.0 | 21.97 |
| R6 | 188.2 | 41.2 | 21.89 |
| R7 | 199.5 | 40.4 | 20.25 |
| R8 | 207.4 | 45.8 | 22.08 |
| R9 | 206.7 | 41.7 | 20.17 |
| R10 | 170.8 | 36.7 | 21.49 |
| Promedio | 197.40 | 41.53 | 21.02 |

Anexo 5. Resultado de la calidad nutricional de las variedades de alfalfas.

| Muestra | Peso (gr) | Proteína Total (N x 6.25),% | FDN^a ,% | FDA^b ,% | Calcio,% | Fosforo,% |
|----------------|----------------------|---|---------------------------|---------------------------|-----------------|------------------|
| WL350 | 190 | 25.02 | 28.57 | 18.66 | 2.27 | 0.24 |
| WL350 | 206 | 24.50 | 26.98 | 17.72 | 2.20 | 0.23 |
| W440 | 200 | 24.33 | 32.74 | 20.93 | 1.68 | 0.23 |
| W440 | 204 | 23.79 | 27.78 | 18.38 | 1.53 | 0.23 |
| B6 | 218 | 24.11 | 26.38 | 19.82 | 1.84 | 0.23 |
| B6 | 224 | 24.62 | 32.13 | 17.06 | 2.18 | 0.23 |

^aFibra detergente neutro, ^bFibra detergente ácido.

Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos - Universidad Nacional Agraria

La Molina.

Anexo 6. Análisis de varianza de la producción forrajera.

Materia verde (MV)

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | F – Valor | Pr> F | Significancia |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|----------------------|
| Tratamiento | 2 | 8.800666 | 4.400333 | 7.28 | 0.0030 | * |
| Error | 27 | 16.318000 | 0.604370 | | | |
| Total | 29 | 25.118666 | | | | |

Coefficiente de determinación (R^2) = 0.35

Coefficiente de variabilidad (%) = 41.49

Promedio (%) = 1.87

NS = No significativo ($p > 0.05$)

*= Significativo ($p < 0.05$)

**= Altamente significativo ($p < 0.01$)

| Diferencia límite de significancia (Tukey) para Tratamiento | |
|--|---------|
| Alpha | 0.05 |
| Error Degrees of Freedom | 27 |
| Error de cuadrado medio | 0.60437 |
| Valor crítico de t | 3.50643 |
| Diferencia menos significativa | 0.862 |

| Medias con la misma letra no son significativamente diferentes | | | |
|---|--------------|----------|------------|
| T Agrupamiento | Media | N | TRT |
| B | 1.12 | 10 | W350 |
| A | 2.37 | 10 | W440 |
| A | 2.13 | 10 | B6 |

Materia seca (MS)

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | F – Valor | Pr > F | Significancia |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|------------------|----------------------|
| Tratamiento | 2 | 0.220020 | 0.110010 | 4.34 | 0.0232 | * |
| Error | 27 | 0.684010 | 0.025333 | | | |
| Total | 29 | 0.904030 | | | | |

Coeficiente de determinación (R^2) = 0.24

Coeficiente de variabilidad (%) = 41.56

Promedio (%) = 0.38

NS = No significativo ($p > 0.05$)

*= Significativo ($p < 0.05$)

**= Altamente significativo ($p < 0.01$)

| Diferencia límite de significancia (Tukey) para Tratamiento | |
|--|----------|
| Alpha | 0.05 |
| Error Degrees of Freedom | 27 |
| Error de cuadrado medio | 0.025334 |
| Valor crítico de t | 3.50643 |
| Diferencia menos significativa | 0.1765 |

| Medias con la misma letra no son significativamente diferentes | | | |
|---|--------------|----------|------------|
| T Agrupamiento | Media | N | TRT |
| B | 0.26 | 10 | W350 |
| A | 0.44 | 10 | W440 |
| A | 0.45 | 10 | B6 |

Porcentaje de Materia seca (%MS)

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | F – Valor | Pr > F | Significancia |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|------------------|----------------------|
| Tratamiento | 2 | 55.989447 | 27.994723 | 4.48 | 0.0209 | * |
| Error | 27 | 168.709290 | 6.248492 | | | |
| Total | 29 | 224.698737 | | | | |

Coefficiente de determinación (R^2) = 0.25

Coefficiente de variabilidad (%) = 12.19

Promedio (%) = 20.50

NS = No significativo ($p > 0.05$)

*= Significativo ($p < 0.05$)

**= Altamente significativo ($p < 0.01$)

| Diferencia límite de significancia (Tukey) para Tratamiento | |
|--|----------|
| Alpha | 0.05 |
| Error Degrees of Freedom | 27 |
| Error de cuadrado medio | 6.248492 |
| Valor crítico de t | 3.50643 |
| Diferencia menos significativa | 2.7717 |

| Medias con la misma letra no son significativamente diferentes | | | |
|---|--------------|----------|------------|
| T Agrupamiento | Media | N | TRT |
| A | 21.85 | 10 | W350 |
| BA | 18.63 | 10 | W440 |
| B | 21.02 | 10 | B6 |

Anexo 7. Análisis de calidad nutricional.

Proteína total

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | F – Valor | Pr> F | Significancia |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|----------------------|
| Tratamiento | 2 | 0.492700 | 0.246350 | 1.80 | 0.3067 | NS |
| Error | 3 | 0.411050 | 0.137017 | | | |
| Total | 5 | 0.903750 | | | | |

Coefficiente de determinación (R^2) = 0.54

Coefficiente de variabilidad (%) = 1.51

Promedio (%) = 24.39

NS = No significativo ($p > 0.05$)

*= Significativo ($p < 0.05$)

**= Altamente significativo ($p < 0.01$)

| Diferencia límite de significancia (Tukey) para Tratamiento | |
|--|----------|
| Alpha | 0.05 |
| Error Degrees of Freedom | 3 |
| Error de cuadrado medio | 0.137017 |
| Valor crítico de t | 5.90960 |
| Diferencia menos significativa | 1.5468 |

| Medias con la misma letra no son significativamente diferentes | | | |
|---|--------------|----------|------------|
| T Agrupamiento | Media | N | TRT |
| A | 24.76 | 10 | W350 |
| A | 24.06 | 10 | W440 |
| A | 24.37 | 10 | B6 |

Fibra detergente neutra

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | F – Valor | Pr> F | Significancia |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|----------------------|
| Tratamiento | 2 | 6.250433 | 3.125217 | 0.31 | 0.75 | NS |
| Error | 3 | 30.096100 | 10.032033 | | | |
| Total | 5 | 36.3465 | | | | |

Coeficiente de determinación (R^2) = 0.17

Coeficiente de variabilidad (%) = 10.88

Promedio (%) = 29.09

NS = No significativo ($p > 0.05$)

*= Significativo ($p < 0.05$)

**= Altamente significativo ($p < 0.01$)

| Diferencia límite de significancia (Tukey) para Tratamiento | |
|--|----------|
| Alpha | 0.05 |
| Error Degrees of Freedom | 3 |
| Error de cuadrado medio | 10.03203 |
| Valor crítico de t | 5.90960 |
| Diferencia menos significativa | 13.235 |

| Medias con la misma letra no son significativamente diferentes | | | |
|---|--------------|----------|------------|
| T Agrupamiento | Media | N | TRT |
| A | 27.78 | 10 | W350 |
| A | 30.26 | 10 | W440 |
| A | 29.26 | 10 | B6 |

Fibra detergente acida

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | F – Valor | Pr > F | Significancia |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|------------------|----------------------|
| Tratamiento | 2 | 2.456633 | 1.228316 | 0.49 | 0.65 | NS |
| Error | 3 | 7.501850 | 2.500616 | | | |
| Total | 5 | 9.958483 | | | | |

Coefficiente de determinación (R^2) = 0.24

Coefficiente de variabilidad (%) = 8.42

Promedio (%) = 18.76

NS = No significativo ($p > 0.05$)

*= Significativo ($p < 0.05$)

**= Altamente significativo ($p < 0.01$)

| Diferencia límite de significancia (Tukey) para Tratamiento | |
|--|----------|
| Alpha | 0.05 |
| Error Degrees of Freedom | 3 |
| Error de cuadrado medio | 2.500617 |
| Valor crítico de t | 5.90960 |
| Diferencia menos significativa | 6.6079 |

| Medias con la misma letra no son significativamente diferentes | | | |
|---|--------------|----------|------------|
| T Agrupamiento | Media | N | TRT |
| A | 18.19 | 10 | W350 |
| A | 19.66 | 10 | W440 |
| A | 18.44 | 10 | B6 |

Calcio

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | F – Valor | Pr > F | Significancia |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|------------------|----------------------|
| Tratamiento | 2 | 0.407700 | 0.203850 | 8.55 | 0.05 | NS |
| Error | 3 | 0.071500 | 0.023833 | | | |
| Total | 5 | 0.479200 | | | | |

Coefficiente de determinación (R^2) = 0.85

Coefficiente de variabilidad (%) = 7.92

Promedio (%) = 1.95

NS = No significativo ($p > 0.05$)

*= Significativo ($p < 0.05$)

**= Altamente significativo ($p < 0.01$)

| Diferencia límite de significancia (Tukey) para Tratamiento | |
|--|----------|
| Alpha | 0.05 |
| Error Degrees of Freedom | 3 |
| Error de cuadrado medio | 0.023833 |
| Valor crítico de t | 5.90960 |
| Diferencia menos significativa | 0.6451 |

| Medias con la misma letra no son significativamente diferentes | | | |
|---|--------------|----------|------------|
| T Agrupamiento | Media | N | TRT |
| A | 2.24 | 10 | W350 |
| A | 1.61 | 10 | W440 |
| A | 2.01 | 10 | B6 |

Fósforo

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado medio | F – Valor | Pr> F | Significancia |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|-----------|-------|---------------|
| Tratamiento | 2 | 0.000033 | 0.000017 | 1.00 | 0.46 | NS |
| Error | 3 | 0.000050 | 0.000017 | | | |
| Total | 5 | 0.000083 | | | | |

Coefficiente de determinación (R^2) = 0.40

Coefficiente de variabilidad (%) = 1.76

Promedio (%) = 0.23

NS = No significativo ($p > 0.05$)

*= Significativo ($p < 0.05$)

**= Altamente significativo ($p < 0.01$)

| Diferencia límite de significancia (Tukey) para Tratamiento | |
|--|----------|
| Alpha | 0.05 |
| Error Degrees of Freedom | 3 |
| Error de cuadrado medio | 0.000017 |
| Valor crítico de t | 5.90960 |
| Diferencia menos significativa | 0.0171 |

| Medias con la misma letra no son significativamente diferentes | | | |
|---|--------------|----------|------------|
| T Agrupamiento | Media | N | TRT |
| A | 0.24 | 10 | W350 |
| A | 0.23 | 10 | W440 |
| A | 2.23 | 10 | B6 |

Anexo 8. Panel fotográfico.





