

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA



TESIS

**EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES
VARIEDADES DE TRÉBOL ROJO EN TRES PISOS
ALTITUDINALES EN LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ –
CAJAMARCA**

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**Presentado por el Bachiller:
VARGAS DIAZ PERCY GUILLERMO**

ASESORES:

PhD. LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNÁNDEZ

Dr. ROY ROGER FLORIÁN LESCOANO

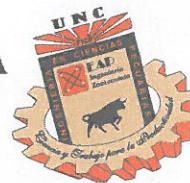
Cajamarca – Perú

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"Norte de la Universidad Peruana"
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS PECUARIAS
Ciudad Universitaria 2J-Anexos 1110



ACTA QUE PRESENTA EL JURADO CALIFICADOR DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA

De acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Graduación y Titulación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO ZOOTECNISTA**, se reunieron virtualmente, siendo las 10 horas con 20 minutos del día 02 de Julio del 2021, los siguientes Miembros del Jurado y el (los) Asesores.

M.SC. ING. JORGE RICARDO DE LA TORRE ARAUJO
ING. ERASMO GUSTAVO CUSMA PAJARES
DR. MANUEL EBER PAREDES ARANA

PRESIDENTE
SECRETARIO
VOCAL

ASESOR (ES):

DR. ROY ROGER FLORIÁN LESCANO
DR. LUIS ASUNCIÓN VALLEJOS FERNÁNDEZ

Con la finalidad de recepcionar y calificar la Sustentación de la Tesis titulada:

"EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES VARIEDADES DE TREFOL ROJO EN TRES PISOS ALTITUDINALES EN LA PROVINCIA DE SANTA CRUZ, CAJAMARCA"

La misma que fue realizada por el (la) Bachiller

PERCY GUILLERMO VARGAS DÍAZ

A continuación el Jurado procedió a dar por iniciado el acto académico, invitando al (los) Bachiller (es) a sustentar dicha tesis.

Concluida la exposición, los Miembros del Jurado formularon las preguntas pertinentes, luego el Presidente del Jurado invita a la participación del asesor y de los asistentes.

Después de las deliberaciones de estilo el Jurado anunció LA APROBACIÓN por UNANIMIDAD con la nota de QUINCE (15).

Siendo las 12 horas con 45 minutos del mismo día el Jurado dio por concluido el acto académico, indicando las correcciones y modificaciones para continuar con los trámites pertinentes.

.....
M.Cs. Ing. Jorge Ricardo de la Torre Araujo
Presidente

.....
M.Cs. Ing. Erasmo Gustavo Cusma Pajares
Secretario

.....
Dr. Manuel Eber Paredes Arana
Vocal

.....
Dr. Roy Roger Florián Lescano
Asesor

.....
Dr. Luis Asunción Vallejos Fernández
Asesor

**EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES VARIEDADES DE
TRÉBOL ROJO EN TRES PISOS ALTITUDINALES EN LA
PROVINCIA DE SANTA CRUZ – CAJAMARCA**

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.

A MIS AMADOS PADRES:

JOAQUÍN Y CARMELA por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis objetivos.

A MIS ADORADOS ABUELOS:

Más que mis abuelos, fueron las personas que más se preocuparon por mí. Me enseñaron muchas cosas vitales para la vida, y me encaminaron por el buen sendero

Gracias abuelos

AGRADECIMIENTO

- ❖ No tengo palabras para expresar mi amor y mi gratitud por mis padres, por su fe, su generosidad y su incansable ayuda en todo momento, gracias a ellos he llegado a culminar un peldaño más de mi vida.

- ❖ Mi más amplio agradecimiento a mis asesores de tesis PhD. Luis Asunción Vallejos Fernández y al Dr. Roy Roger Florián Lescano por haberme confiado este trabajo, por su paciencia ante mi inconsistencia, por su valiosa dirección y apoyo para seguir este camino de tesis, y llegar a la conclusión de este. Cuya experiencia y educación han sido mi fuente de motivación durante estos años.

- ❖ A la Universidad Nacional de Cajamarca, a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, docentes y personal administrativo, los cuales nos dieron la posibilidad de ser profesionales.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	11
CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. Planteamiento del problema	12
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Justificación e importancia del estudio.....	13
1.4. Hipótesis	13
1.4.1. Hipótesis de investigación	13
1.4.2. Hipótesis estadísticas.....	13
1.5. Variables	14
1.5.1. Variables independientes	14
1.5.2. Variables dependientes	14
1.6. Objetivos de la investigación.....	14
1.6.1. Objetivo general	14
1.6.2. Objetivos específicos.....	14
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Antecedentes de la Investigación	15
2.2. Bases Teóricas	18
CAPITULO III. METODOLOGÍA Y MATERIALES DE LA INVESTIGACIÓN ...	20
3.1. Ubicación de la investigación.....	20
3.2. Duración de la investigación	20
3.3. Tipo de estudio.	21
3.4. Materiales, instrumentos y equipos.....	21

3.4.1. Material experimental.	21
3.4.2. Material biológico.....	21
3.4.3. material de escritorio	21
3.4.4. Equipos y herramientas.....	21
3.4.5. Insumos.....	22
3.4.6. Equipos de laboratorio.....	22
3.5. Preparación de suelo	22
3.6. Siembra.....	23
3.7. Actividades de Manejo en Campo	23
3.8. Diseño metodológico.....	24
3.8.1. Recolección de las muestras.....	24
3.8.2. Comportamiento productivo.	24
3.9. Diseño Estadístico	25
3.10. Análisis de los datos	25
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. Composición química del trébol rojo	26
4.2. Parámetros de rendimiento productivo.	27
4.2.1. Rendimiento de biomasa y tasa de crecimiento	27
4.2.2. Altura de la pastura	32
CAPITULO V. CONCLUSIONES	34
CAPITULO VI. RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXOS	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad usada de Guano de isla, Superfosfato triple y Cal dolomítica según análisis y área de siembra en cada localidad.	22
Tabla 2. Fechas que se realizaron los cortes en cada piso altitudinal.....	24
Tabla 3. Composición química de las tres variedades de trébol rojo en los Pisos Altitudinales del experimento.....	26
Tabla 4. Valores promedio de la biomasa y tasa de crecimiento de las variedades de trébol rojo.	27
Tabla 5. Rendimiento de biomasa y tasa de crecimiento de las tres variedades de trébol rojo en tres pisos altitudinales en Santa Cruz – Cajamarca.	29
Tabla 6. Valores promedio de la biomasa y tasa de crecimiento en los diferentes Pisos Altitudinales.	31
Tabla 7. Estadísticos descriptivos para la altura (cm) de acuerdo con la variedad de trébol rojo y el Piso Altitudinal.	32
Tabla 8. Base de datos original.....	44
Tabla 9. Análisis de varianza para la altura.....	45
Tabla 10. Análisis de varianza para la biomasa	45
Tabla 11. Análisis de varianza para la tasa de crecimiento.....	45
Tabla 12. Evaluación de la calidad de semillas de trébol rojo.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interacción entre el piso altitudinal y la variedad para la tasa de crecimiento y la biomasa.....	29
Figura 2. Intervalos de confianza del rendimiento de biomasa y tasa de crecimiento para la variedad.	30
Figura 3. Intervalos de confianza del rendimiento de biomasa y tasa de crecimiento para la Piso Altitudinal.....	31
Figura 4. Interacciones entre el piso altitudinal y la variedad para la altura de planta.	33
Figura 5. Intervalos de confianza de la altura para Variedad y Piso Altitudinal.	33
Figura 6. Preparación del área experimental	39
Figura 7. Aplicación de cal y fertilizantes.	39
Figura 8. Asignación de las unidades experimentales.	40
Figura 9. Corte de las muestras para evaluar.	40
Figura 10. Limpieza del cultivo de trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>)	41
Figura 11. Área de corte de la muestra (0.09 m ²).....	42
Figura 12. Variedades empleadas en el experimento	43

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue determinar la composición química y el comportamiento productivo de tres variedades de trébol rojo (*Trifolium pratense*) en tres pisos altitudinales. Para esto, se sembraron las variedades Tuscan, Americano y Relish, en los pisos altitudinales de 2386 msnm (PA I), 2803 msnm (PA II) y 3384 msnm (PA III). El experimento tuvo una duración de 13 meses y se desarrolló en la provincia de Santa Cruz en Cajamarca. Se realizó la preparación del suelo, para esto se realizó un análisis del suelo para aplicar las dosis apropiadas de fertilizantes, además, se aplicó cal dolomita para elevar el pH. Las muestras para determinar el rendimiento se obtuvieron de cuadrantes de 0.09 m² bajo un diseño de bloques completos al azar. Luego, éstas fueron llevadas al Laboratorio INIA-Cajamarca para el análisis de la composición química. El mayor valor de proteína, rendimiento de biomasa y tasa de crecimiento lo obtuvo la variedad Tuscan con 21,79%, 15 001,8 (PA I) y 43,4 kg MS/día (PA II) ($p < 0.05$) respectivamente. El piso altitudinal influye en todos los factores productivos, mostrando mejores resultados el PA I.

ABSTRACT

The main of this research was to determine the chemical composition and productive behavior of three varieties of red clover (*Trifolium pratense*) on three altitudinal floors. For this, the Tuscan, American and Relish varieties were sown in the altitudinal floors of 2386 masl (PA I), 2803 masl (PA II) and 3384 masl (PA III). The experiment lasted 13 months and was carried out in the province of Santa Cruz in Cajamarca. The soil preparation was carried out, for this a soil analysis was done to apply the appropriate doses of fertilizers, in addition, dolomite lime was applied to raise the pH. The samples to determine the yield were obtained from quadrants of 0.09 m² under a design of Random Complete Blocks. Then, these were taken to the INIA-Cajamarca Laboratory for the analysis of the chemical composition. The highest protein value, biomass yield and growth rate were obtained by the Tuscan variety with 21,79%, 15 001,8 (PA I) and 43,4 kg DM / day (PA II) ($p < 0.05$) respectively. The altitudinal floor has influence on all the productive factors, showing better results the PA I.

INTRODUCCIÓN

La evaluación productiva de las pasturas es muy importante debido a que son la base fundamental de la alimentación del ganado. Una de las leguminosas que han comenzado a tener más presencia es el trébol rojo (*Trifolium pratense*) ya que es una especie muy apetecida por los animales, y aporta una buena proporción de nutrientes de alta calidad. Entonces, se debe considerar la incorporación de nuevas variedades de trébol rojo a los campos de cultivo que sean adaptables a las condiciones ambientales de la Región alto andina, donde las condiciones ambientales son extremas. Por otro lado, se tendría una mayor disponibilidad de alimento para el ganado.

En este estudio se evaluó el rendimiento productivo de tres variedades de trébol rojo en la Provincia de Santa Cruz, lo que ha permitido tener buenos resultados productivos. Para considerar que una pastura es adecuada para cierto tipo de ubicación geográfica se evalúa que el rendimiento de materia seca (biomasa), la producción de forraje verde, la altura de planta y la tasa de crecimiento sean altas y que se encuentren dentro de los rangos de producción aceptables según su especie y variedad, lo que permite verificar su acondicionamiento al medio.

La incorporación de nuevas variedades de trébol rojo va a permitir que los ganaderos tengan mayores opciones de cultivo y, además, se pueda considerar asociarlas con gramíneas, lo que será favorable para un mejor equilibrio en el manejo de los suelos y mejor disponibilidad de nutrientes para el cultivo y por ende para los animales que lo consuman. Así mismo se podrá disponer de una composición florística deseable para la alimentación del ganado.

CAPITULO I.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La producción de pastos especialmente la asociación del raigrás - trébol en Cajamarca no cubre las necesidades alimenticias del ganado, ya sea en cantidad y calidad, debido entre otros aspectos, escasa práctica de fertilización, porcentaje reducido de trébol y frecuencias de pastoreo prolongadas. En nuestro medio, desde hace algunas décadas, el uso de trébol blanco (*Trifolium repens*) ha sido y es la leguminosa más utilizada en todos los predios, no habiéndose investigado variedades bianuales que podrían representar una opción importante para incrementar la producción y productividad animal.

En la ganadería bovina, la producción de leche y/o carne depende en gran medida de la alimentación y por consiguiente de la calidad y cantidad de forraje que se logra por unidad de superficie, sin olvidarnos de que en nuestro país los pastos tienden a ser de baja calidad nutritiva debido al momento de uso y la escasa práctica de fertilización de los productores (Guzmán, 1996; Vallejos, 2009). Es así que es necesario evaluar nuevas variedades de trébol, para ser utilizados como suplemento de la dieta de las vacas productoras de leche, o como asociación de otras gramíneas, en Cajamarca.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál será la composición química y el rendimiento promedio de tres variedades de trébol rojo en tres pisos altitudinales en Santa Cruz-Cajamarca?

1.3. Justificación e importancia del estudio

Se justifica el presente trabajo porque se analizó el valor nutricional y el rendimiento productivo del trébol rojo (*Trifolium pratense*) en tres pisos altitudinales diferentes; este conocimiento nos acercará a ver cuáles son las variedades que tienen mejor respuesta, y con estos resultados se podrá mostrar que los factores de estudio si tienen influencia sobre las variables respuesta. El momento óptimo de aprovechamiento se compara mediante una evaluación del rendimiento productivo, para ello, se dispone de datos que serán útiles en la alimentación del ganado, tanto para los investigadores forrajeros como para los productores agropecuarios de la región.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis de investigación

Las variedades de trébol rojo (*Trifolium pratense*) se comportan de manera diferente en composición química y comportamiento productivo, según el Piso Altitudinal en la Provincia de Santa Cruz, Cajamarca.

1.4.2. Hipótesis estadísticas

H₀: Las tres variedades de trébol rojo (*Trifolium pratense*), tienen el mismo comportamiento productivo y composición química en los tres Pisos Altitudinales de estudio.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

H_a: Las tres variedades de trébol rojo (*Trifolium pratense*), tienen un comportamiento productivo y composición química diferentes en los tres Pisos Altitudinales de estudio.

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \dots \mu_4$$

1.5. Variables

1.5.1. Variables independientes

- ✓ Tres variedades de trébol rojo (*Trifolium pratense*): Tuscan, americano, Relish.
- ✓ Altitud (3 pisos altitudinales)

1.5.2. Variables dependientes

- ✓ Comportamiento productivo: Longitud de planta, rendimiento y tasa de crecimiento.
- ✓ Composición química: Materia Seca, Proteína, Fibra Cruda, Fibra Detergente Neutro, Fibra Detergente Ácido y Cenizas

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

- ✓ Evaluar la composición química y el comportamiento productivo de tres variedades de trébol rojo (*Trifolium pratense*) en tres pisos altitudinales de la provincia de Santa Cruz en Cajamarca.

1.6.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar la composición química de tres variedades de trébol rojo (*Trifolium pratense*) en tres pisos altitudinales de la provincia de Santa Cruz en Cajamarca.
- ✓ Determinar el rendimiento de materia seca, tasa de crecimiento y altura de tres variedades de trébol rojo (*Trifolium pratense*) en tres pisos altitudinales de la provincia de Santa Cruz en Cajamarca.

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Composición química y Rendimiento de Materia Seca

Marković *et al.* (2016), en su reporte menciona que el tallo del trébol rojo posee un rango de proteína de 12,64% hasta 17,49%, para cenizas entre 7,04% hasta 8,87%, para celulosa un elemento principal de la fibra un nivel de 25,32% hasta 34,16% y para grasa o extracto etéreo desde 1,04% hasta 2,41% y para los carbohidratos no estructurales niveles desde 44,53% hasta 45,90%. En cambio, la parte foliar del trébol rojo tiene una composición para la proteína de 27,28% hasta 33,26%, para cenizas entre 10,51% hasta 10,96%, para celulosa desde 10,51% hasta 12,95% y para grasa o extracto etéreo desde 3,14% hasta 4,03% y para los carbohidratos no estructurales niveles desde 41,55% hasta 45,66%.

Según Daems *et al.* (2016), el trébol rojo posee 15,42% de proteína cruda, 23,3% de materia seca, 10,07% de Cenizas, 36,49% de Fibra detergente Neutro y un 26,03% Fibra Detergente Acido. Por otro lado, Brugger *et al.* (2016) reporta para el *Trifolium pratense* de 14,5% de materia seca y 18,7% de proteína cruda, asimismo Marshall *et al.* (2017) reporta que las variedades de trebol rojo tienen niveles de proteina cruda entre 14,9% y 16,5%.

Leto *et al.* (2004), estudiaron seis cultivares de *Trifolium pratense L.*, cinco diploides y un tetraploide, donde evaluaron el rendimiento de la materia seca y forraje verde, la altura del tallo y la proporción de hojas, además de la composición química. Mayor forraje verde (54.14 t / ha/año) y rendimiento de materia seca (9.86 t/ha/año), altura de tallo (61 cm), proteína cruda (15,76%), fibra cruda (22,29%), ceniza (10,07%) y el contenido de extracto etéreo (3,01%) se observó en la región montañosa. En cambio, en la región de tierras bajas se obtuvo 45.61 t/ha/año de forraje verde, 8.92 t/ha/año de materia seca, 59 cm de altura del tallo, 15,64% de proteína cruda, 21,66% de fibra bruta, 9,49% de ceniza y 2,5% de grasa bruta.

Drobná (2009), evaluó 16 variedades de trébol rojo y obtuvo valores promedio para proteína cruda de 18,97%, para fibra cruda de 25,78%, para grasa de 1,72% y para cenizas 11,74%, y para la altura de planta presenta un valor de 39,83 cm. Así mismo, Tavlas, Yolcu y Tan (2009) estudiaron 25 genotipos de trébol rojo donde su promedio de proteína cruda fue de 13,24%, 32,15 para Fibra Detergente Acida (FDA) y 42,97% de Fibra Detergente Neutro (FDN), adicionalmente reporta un rendimiento de materia seca de 11 494 Kg de MS/ha/año. En otro estudio Albayrak y Türk (2013) reporta que el rendimiento de materia seca el trébol rojo alcanza valores de 13,00 a 14,05 t de MS/ha/año, para proteína cruda de 17 a 17,1%, para FDN de 35,6 a 38,1% y para FDA de 24,3 a 27,1%.

Castro y Vilaró (2010), en un trabajo de evaluación de variedades de trébol rojo Red Gold, LE 87-75 (INIA MIZAR), E 116 (T) tienen un rendimiento de 6578, 6311 y 6241 kg de MS/ha/año, además, analizaron 5 variedades en diferentes años de experimento y reportan un rendimiento de 15 153, 14 027, 13 010, 12 036 y 9 102 kg de MS/ha/año para E 116 (T), LE 87-75 (INIA MIZAR), PG 603, PG 606 y TAMPA 3 respectivamente.

Rojas-García *et al.* (2019), reportan que el trébol rojo a diferentes periodos de corte obtiene valores para el rendimiento de materia seca que van de 1,545 kg MS/ha en la primera semana y hasta 5,013 kg MS/ha en la semana 8, siendo el mayor valor registrado en toda la estación y con una producción promedio de 3,139 kg MS/ha/corte. Además, explican que el ambiente donde más se adapta el trébol rojo es templado, sin fríos o calores extremos, suelos profundos, fértiles, bien drenados y pH relativamente alto. Además, que en estas condiciones puede producir 19 t MS/ha/año (Andersson *et al.*, 1996).

Hejduk y Knot (2010), en un trabajo de investigación de variedades diploides y tetraploides de trébol rojo para evaluar su rendimiento en dos años de experimento, mostraron que el primer año los rendimientos van desde 13,39 t/ha de MS hasta 19,37 t/ha de MS y en el segundo año los rendimientos van desde 13,53 t/ha de MS hasta 21,33 t/ha de MS, las variedades tetraploides exhibieron contenidos significativamente más bajos de materia seca, pero su productividad y persistencia no diferían de los diploides. Muy adecuado para uso a largo plazo.

Tucak *et al.* (2013), evaluaron 16 cultivares de trébol rojo procedentes de 7 países europeos, de los cuales uno fue tetraploide; donde obtuvieron rendimientos desde 13,61 t de MS/ha/año hasta 25,64 t de MS/ha/año y para la altura de planta desde 50,80 cm hasta 70,80 cm.

2.2. Bases Teóricas

El trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) se usa ampliamente en todo el mundo. Está adaptado a una amplia gama de tipos de suelo y tolera un pH tan bajo como 5.5. Es una planta perenne de corta duración que generalmente persiste solo 2 o 3 años debido a la susceptibilidad a una serie de enfermedades de la raíz. Las variedades más nuevas pueden durar más que esto. El trébol rojo tiene un hábito de crecimiento erecto similar a la alfalfa, pero los tallos principales se originan más abajo en la planta. Se forman nuevos brotes a partir de brotes axilares en la corona. La corona del trébol rojo no es tan profunda en el suelo, por lo que es más susceptible a las lesiones invernales. Tiene un sistema de raíces poco profundo y muy ramificado, por lo que crece poco en suelos arenosos sin precipitaciones adecuadas (Casler y Undersander, 2019).

El trébol rojo se usa principalmente para ensilaje y heno y como componente de praderas mixtas permanentes. Además, tiene un alto valor nutritivo y se produce en verano y otoño. Existen algunas variedades que están adaptadas a la defoliación frecuente las que se pueden incluir dentro de una mezcla forrajera permanente para generar una alta producción y deben ser pastoreadas con bajas cargas para permitir su persistencia (Bernal, 2005). El trébol rojo aumenta la calidad de la fermentación en silos. Después de ensilar, el pH y la proporción de Nitrógeno no proteico, los aminoácidos libres y amoníaco disminuyen, y la concentración de ácido láctico aumenta linealmente cuando se adiciona una mayor proporción de trébol rojo. Además, la incorporación del trébol rojo en el silaje asociado a la alfalfa aumenta los niveles de la proteína verdadera no digerible (Li *et al.*, 2018).

Además, el uso de leguminosas forrajeras contribuye a la fijación de nitrógeno con las bacterias *Rhizobium* presentes en los nódulos de sus raíces y a un mayor valor alimenticio, tanto desde el punto de vista nutritivo como del consumo voluntario (Rojas *et al.*, 2016).

Trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) es una alternativa de gran productividad potencial para los sistemas lácteos, particularmente en suelos muy compactados. La densidad de la planta (PD) durante el establecimiento del pasto puede estar relacionada con la producción de forraje y usarse como un indicador temprano de la calidad del pasto (Zarza *et al.*, 2018).

Marshall, *et al.* (2017) mencionan que el aumento de la longevidad del trébol rojo tiene un impacto significativo en el rendimiento y la calidad, siempre que estén asociados a las gramíneas. Es importante seleccionar nuevo germoplasma de trébol rojo para mejorar la persistencia, y lograr un mayor rendimiento de Materia Seca, lo que también resulta en un mayor rendimiento de Proteína Cruda por hectárea en comparación con el material no seleccionado.

CAPITULO III.

METODOLOGÍA Y MATERIALES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ubicación de la investigación.

El estudio se realizó en los pisos ecológicos quechua y Jalca, entre 2386 y 3384 msnm (Pulgar Vidal, 1998; citado por Sánchez, A. y Sánchez, S. 2010), ámbito de acción de la Asociación de Productores Agropecuarios Pucará El Trébol, de la provincia de Santa Cruz, región Cajamarca.

Datos Meteorológicos

Latitud:	06° 48' 00" "S"
Longitud:	78° 48' 00" "W"
Temperatura:	7,8 °C
Máxima:	15,20 °C
Mínima:	5,39 °C
Altitud:	3540 msnm
Precipitación:	Año 2018: 979 mm
Humedad:	83,5%

Fuente: SENAMHI – Cajamarca, 2017

Se seleccionaron tres Pisos Altitudinales (PA): PA I: 2386 msnm, PA II: 2803 msnm y PA III: 3384 msnm.

3.2. Duración de la investigación

La fase experimental se realizó durante 13 meses, iniciando la fase de preparación del terreno en febrero del 2018 y el ultimo corte para evaluación se realizó en marzo del 2019.

3.3. Tipo de estudio.

El tipo de estudio es experimental

3.4. Materiales, instrumentos y equipos

3.4.1. Material experimental.

De las parcelas. - Corresponde a un diseño de bloques completos aleatorizados, con 3 tratamientos (variedades) y 3 bloques (repeticiones), en 3 pisos altitudinales.

3.4.2. Material biológico

Se trabajó con tres variedades de trébol rojo, provenientes de Nueva Zelanda.

- Tuscan
- Americano
- Relish

3.4.3. material de escritorio

- Computadora
- calculadora
- Libreta de campo
- Papel bond
- Lapiceros
- Tinta para impresora

3.4.4. Equipos y herramientas

- Balanza de campo.
- Cuadrante.
- Regla centimetrada.
- Wincha.
- Cámara fotográfica.
- Tijeras podadoras.
- Bolsas de polietileno.
- GPS

3.4.5. Insumos

- Semillas
- Cal dolomítica
- Guano de isla
- Superfosfato triple

3.4.6. Equipos de laboratorio

- Balanza analítica.
- Vasos de precipitación.
- Cajas Petri.
- Estufa.
- Bolsas de cartón

3.5. Preparación de suelo

Para la preparación del terreno se utilizó yunta (fuerza de trabajo realizada por ganado bovino), hasta obtener la tierra totalmente desmenuzada, después se le adicionó cal dolomítica en cantidad de 5 TM/ha, al voleo (Tabla 1).

Luego, se determinó el área preparada para la siembra con una cinta métrica y finalmente se delimitaron las parcelas por medio de estacas. Previamente, se tomaron muestras de suelo para realizar el análisis respectivo en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Esta información permitió usar los fertilizantes en las cantidades adecuadas.

Tabla 1. Cantidad usada de Guano de isla, Superfosfato triple y Cal dolomítica según análisis y área de siembra en cada localidad.

Piso Altitudinal	Área (m ²)	N ₂ (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Guano de Isla (kg)	Superfosfato triple (kg)	Cal dolomítica (kg)
La Libertad	1260	55	100	30	70	13	250
Agomayo	900	40	100	30	40	11	250
San Lorenzo	900	40	100	45	40	11	500

Fuente: UNALM 2018.

3.6. Siembra

Primeramente, se realizó la prueba de germinación de la semilla: se colocaron 100 semillas de cada variedad sobre sustrato húmedo (algodón humedecido), disponibilidad de oxígeno y temperatura adecuada y dentro de una placa Petri; durante 7 días. Esta evaluación se realizó en el laboratorio de pastos del Instituto de Innovación Agraria (INIA) Baños del Inca Cajamarca. (ver anexo)

Posteriormente, se calculó la dosis de semilla necesaria para el área de estudio (6 m² por subparcela) para proceder a la siembra mediante el método del voleo, en cada una de las parcelas establecidas en la presente investigación. La distribución de los cultivares se realizaron al azar dentro de los bloques. Finalmente se identificaron las subparcelas mediante letreros.

El pH de los suelos donde se realizó la investigación fue de 4.3, fósforo 5 ppm, en algunos suelos hay un excedente de potasio y en otros hay carencia de potasio, la presencia de nitrógeno es bastante variable, la materia orgánica es alta por la adición de abono orgánico a los terrenos.

3.7. Actividades de Manejo en Campo

Antes de la siembra

- Preparación del terreno para la siembra de las pasturas
- Muestreo para el análisis del suelo
- Encalado del terreno
- Fertilización del terreno
- Instalación de las pasturas

Después de la siembra

- Deshierbo
- Control permanente del crecimiento de las pasturas
- Corte a los 20 a 25 cm de altura
- Densidad de siembra:
- Pesos del forraje verde.
-

3.8. Diseño metodológico

3.8.1. Recolección de las muestras

La recolección de las muestras de pastos se realizó cada vez que tenía la suficiente altura, tal como se detalla en la Tabla 2. Se utilizó el método del cuadrante (30 cm x 30 cm = 0,09 m²), donde se obtuvo una muestra por cada subparcela. Luego de la obtención del forraje verde se trasladó al laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca para su análisis respectivo y traslado a otros laboratorios donde se realizó los análisis químicos.

Tabla 2. Fechas que se realizaron los cortes en cada piso altitudinal

Actividades	PA I: 2300 – 2800 msnm	PA II: 2801 – 3300 msnm	PA III: 3301 – 3800 msnm
Siembra	29/03/2018		
Primero	12/06/2018	25/07/2018	1/12/2018
Segundo	24/08/2018	20/10/2018	6/03/2019
Tercero	11/10/2018	29/12/2018	
Cuarto	1/12/2018	6/03/2019	
Quinto	26/01/2019		
Sexto	29/03/2019		

3.8.2. Comportamiento productivo.

Composición química.

Para el análisis de la composición química se recolectó una muestra representativa de 0.4 Kg/variedad y se remitió al “Laboratorio de pastos y análisis de suelos” del Instituto de Innovación Agraria (INIA) de la estación de Baños del Inca- Cajamarca. Se utilizó el Análisis Proximal para determinar el % de materia seca (MS), proteína cruda (P), fibra cruda (FC), extracto libre de nitrógeno y ceniza.

Rendimiento – Biomasa

Se cortaron y pesaron las muestras cuando tenían una altura promedio de 20 a 25 cm, dejando como remanente 5 cm. Para determinar el peso (MV) se usó una balanza digital. El peso obtenido por cada variedad correspondió a un área de 0,09 m², estos valores fueron expresados posteriormente en kg/ha, tanto en materia verde (MV) como en materia seca (MS).

Altura de la pastura.

Se utilizó una regla de 70 cm para determinar la altura.

3.9. Diseño Estadístico

El diseño estadístico usado para el experimento fue el de Bloque Completos al azar bajo el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad \text{con } i=1,2,\dots,t$$

Donde:

μ = media general.

τ_i = efecto del i-ésimo tratamiento (variedad).

β_j = efecto del j-ésimo bloque (j=1,2, ..., b).

ϵ_{ij} = error aleatorio, asociado a la observación Y_{ij} .

3.10. Análisis de los datos

Para analizar la diferencia del comportamiento productivo expresado por la biomasa, la altura y la tasa de crecimiento de las diferentes variedades se realizó mediante un Análisis de Varianza (ANVA) utilizando el modelo lineal general del Programa Estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI Versión 16.1.18, y para

la comparación de la diferencia de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición química del trébol rojo

La composición química de las tres variedades del trébol rojo se observa en la Tabla 3. Tuscan es la variedad que tiene mayor nivel de proteína en con 21,79%, luego continúan las variedades Americano y Relish con 21,59% y 19,75% respectivamente; en cambio el nivel más alto de fibra se encontró en la variedad Relish con 10,97%, y el valor más bajo fue para la variedad Americano con 10,54%.

Tabla 3. Composición química promedio de las tres variedades de trébol rojo en base seca (BS)

Variedad	MS¹ (%)	Proteína (%)	FC³ (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	ELN² (%)
Tuscan	15,55	21,79	14,11	10,66	7,31	46,13
Americano	16,63	21,59	12,84	10,54	5,73	49,29
Relish	16,36	19,75	12,78	10,97	7,44	49,07

¹ Materia Seca;

² Extracto Libre de Nitrógeno.

³ Fibra Cruda

Según los datos obtenidos en este estudio los valores de la composición química para la proteína cruda son superiores a los reportados por Tavlas, Yolcu y Tan (2009), Marković *et al.* (2016); Daems *et al.* (2016), Marshall *et al.* (2017), Drobná (2009) y Albayrak y Türk (2013), Brugger *et al.* (2016) y Leto *et al.* (2004). Sin embargo, los valores de la fibra cruda obtenidos en esta investigación son inferiores a los reportados por Drobná (2009), Leto *et al.* (2004).

Además, las cenizas encontradas están entre 10,54% a 10,97% mostrándose superiores a los reportados por Marković *et al.* (2016) que estudio la parte del tallo del trébol rojo, en cambio el mismo autor menciona que las hojas poseen mayor contenido de cenizas. Además, Daems *et al.* (2016), Drobná (2009) reportan valores superiores de cenizas a los encontrados en este trabajo. Para el contenido de grasa de encontró valores de 5,73% a 7,44%, valores que se presentan muy superiores a los de Marković *et al.* (2016), Leto *et al.* (2004) y Drobná (2009).

4.2. Parámetros de rendimiento productivo.

4.2.1. Rendimiento de biomasa y tasa de crecimiento

En la tabla 4 se muestran los valores promedio de biomasa y tasa de crecimiento en las tres variedades de trébol rojo. La variedad Tuscan reporta un rendimiento promedio de 11 236 kg de MS/ha/año mostrándose mejor a la variedad Americano y Relish. Así mismo, para la tasa de crecimiento la variedad Tuscan logro un 31,90 Kg de MS/ha/día. Los valores son inferiores a los reportados por Marshall, *et al.* (2017), que mencionan que el trébol rojo en su primer año productivo puede lograr rendimientos de 13,90 t/ha, así como también a los reportes de Albayrak y Türk (2013), Hejduk y Knot (2010) y Tucak *et al.* (2013), Castro y Vilaró (2010) y Rojas-García *et al.* (2019).

Tabla 4. Valores promedio de la biomasa y tasa de crecimiento de las variedades de trébol rojo en base seca (BS)

Variedad	Biomasa (Kg MS/ha/año)		Tasa de crecimiento (Kg MS/ha/día)	
	Promedio	SE ¹	Promedio	SE ¹
Americano	8986	2941	25,38	7,75
Relish	8620	2775	24,34	7,28
Tuscan	11236	3693	31,90	10,4

¹ Error Estándar.

En la Tabla 5 y Figura 1 se muestra que la variedad Tuscan tiene mejor rendimiento de biomasa en el PA I y el PA II, con 15001,8 y 14854,7 kg de Materia Seca por hectárea por año respectivamente, en el PA I el promedio obtenido con Tuscan es estadísticamente similar a las variedades Americano y Relish. Las variedades de trébol rojo Americano y Relish en el PA II tuvieron rendimientos de 7756,8 y 7008,8 Kg de Materia Seca/ha/año, siendo totalmente inferiores a la Variedad Tuscan. En el PA III el rendimiento de las tres variedades es muy inferior a los PA I y PA II siendo los resultados de rendimiento más bajos logrados en el experimento, esto podría deberse a que la adaptación de las variedades de trébol rojo de este estudio no es muy satisfactoria a más de 3300 msnm. El bajo rendimiento se debe a que solamente se lograron dos cortes en el año, el periodo entre cortes en la época de sequía fue de 247 días por ende la cantidad de biomasa y la tasa de crecimiento es muy baja, esto sería la respuesta de las variedades a la presencia de heladas lo cual no permite el desarrollo del área foliar de las pasturas instaladas.

Así mismo, la tasa de crecimiento más alta fue obtenida con la variedad Tuscan en el PA II con 43,4 kg de MS/ha/día y en el PA I con 41,1; luego le continúan las variedades de Americano y Relish en el PA I con 39,9 y 38,4 Kg de MS/ha/día respectivamente. Con estos resultados se puede mencionar que la variedad Tuscan se adapta mejor a los PA I y PA II de la Provincia de Santa Cruz, pues se obtienen buenos resultados y rendimientos adecuados para la alimentación animal con un alto contenido proteico.

Tabla 5. Rendimiento de biomasa y tasa de crecimiento de las tres variedades de trébol rojo en tres pisos altitudinales en Santa Cruz – Cajamarca en base seca (BS)

Piso Altitudinal	Variedad	Periodo (días)	Biomasa (Kg MS/ ha/ año)	Tasa de crecimiento (Kg MS/ha/día)
PA I ¹	Americano	365	14 581,8 ab	39,9 ab
	Relish	365	14 025,9 ab	38,4 abc
	Tuscan	365	15 001,8 a	41,1 ab
PA II ²	Americano	342	7 756,8 bc	22,6 bcd
	Relish	342	7 008,8 c	20,5 cd
	Tuscan	342	14 854,7 a	43,4 a
PA III ³	Americano	342	4 619,0 c	13,5 d
	Relish	342	4 825,9 c	14,1 d
	Tuscan	342	3 850,6 c	11,2 d

¹ PA I= 2300–2800 msnm.

² PA II= 2801–3300 msnm.

³ PA III = 3301–3800 msnm.

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas (HSD Tukey; p<0.05)

Al realizar un análisis de la interacción entre la variedad y el Piso Altitudinal se determinó que si se encuentran las diferencias significativas para la biomasa como para la tasa de Crecimiento.

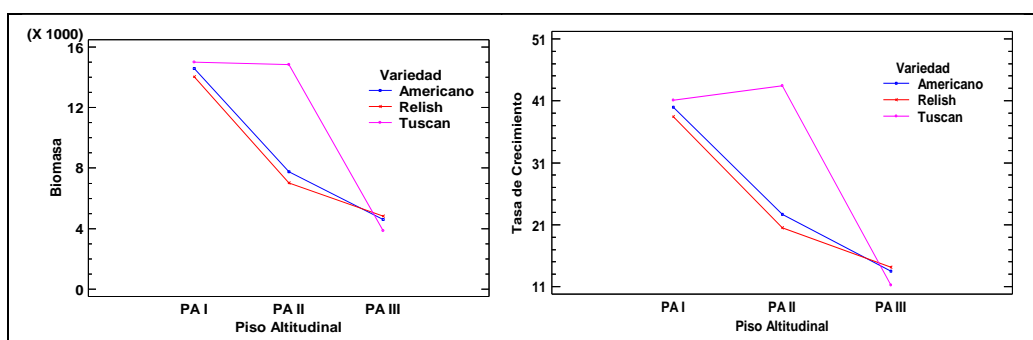


Figura 1. Interacción entre el piso altitudinal y la variedad para la tasa de crecimiento y la biomasa.

Realizando un análisis para las diferencias encontradas para la variedad, Tuscan es la que tiene mejor promedio, pero en general son muy similares estadísticamente. La variabilidad para biomasa entre las variedades es muy amplia con un error estándar de 2941, 2775 y 3693 para Americano, Relish y Tuscan respectivamente, lo que permite que los intervalos de confianza sean muy amplios. Lo mismo ocurre para la Tasa de crecimiento con valores del error estándar de 7,75, 7,28 y 10,4 para Americano, Relish y Tuscan respectivamente (Figura 2).

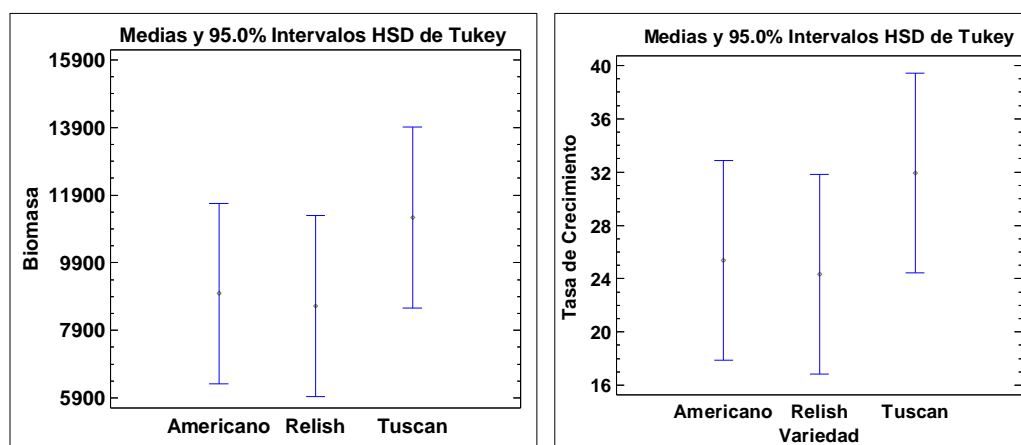


Figura 2. Intervalos de confianza del rendimiento de biomasa y tasa de crecimiento para la variedad.

Una vez realizado el análisis se encontraron diferencias entre los pisos altitudinales para biomasa y tasa de crecimiento ($p < 0,05$) (Tabla 6 y Figura 3), donde el PA I tuvo el mejor rendimiento de biomasa con 14 536,50 Kg MS/ha/año, siendo muy superior al PA II y PA III que obtuvieron 9 873,43 Kg MS/ha/año y 4 431,85 Kg MS/ha/año respectivamente, mostrándose el PA I muy superior al reportado por Leto *et al.* (2004) y el PA II con resultados similares; la misma tendencia se muestra para la tasa de crecimiento. Esto puede deberse a las condiciones climáticas que se presentan en cada uno de los pisos altitudinales, por ende, no es muy recomendable la incorporación de estas variedades en las condiciones similares del PA III.

Tabla 6. Valores promedio de la biomasa y tasa de crecimiento en los diferentes Pisos Altitudinales en base seca (BS)

Piso altitudinal	Biomasa (Kg MS/ha/año)		Tasa de crecimiento (Kg MS/ha/día)	
	Promedio	SE ¹	Promedio	SE ¹
PA I ²	14536,50 a	1127,21	39,83 a	3,15
PA II ³	9873,43 b	1380,55	28,87 b	3,86
PA III ⁴	4431,85 c	1952,39	12,96 c	5,46

¹ Error Estándar.

² PA I= 2300–2800 msnm.

³ PA II= 2801–3300 msnm.

⁴ PA III = 3301–3800 msnm.

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas (HSD Tukey; p<0.05)

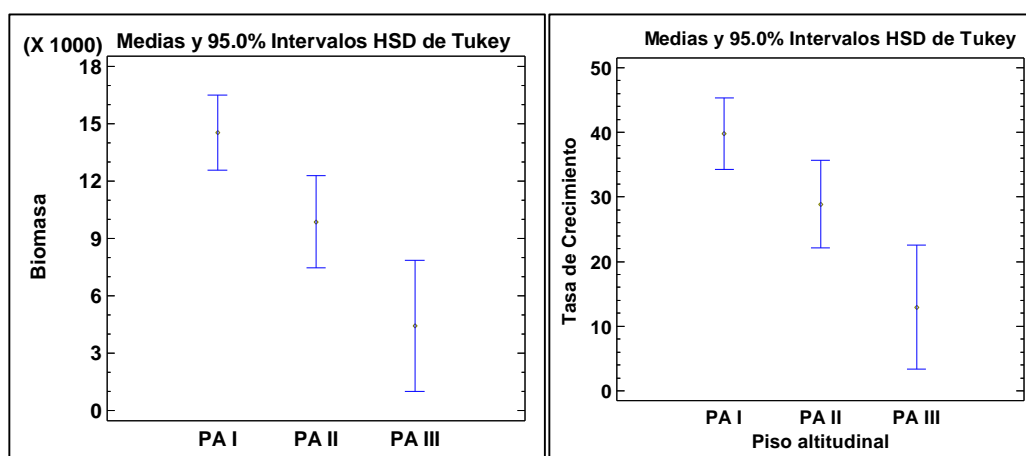


Figura 3. Intervalos de confianza del rendimiento de biomasa y tasa de crecimiento para la Piso Altitudinal.

4.2.2. Altura de la pastura

En la Tabla 7 se detalla los estadísticos descriptivos para la altura obtenidos de las tres variedades y por Piso Altitudinal durante el periodo experimental. Se observa que la variedad Tuscan obtuvo una altura de 22,42 cm siendo el mayor valor, en cambio Relish reportó una altura de 19,81 cm siendo valores muy inferiores a los reportados por Leto *et al.* (2004), Drobná (2009) y Tucak *et al.* (2013).

Tabla 7. Estadísticos descriptivos para la altura (cm) de acuerdo con la variedad de trébol rojo y el Piso Altitudinal.

	Altura de planta (cm)	Error estándar
Variedad		
Americano	22,37	1,93
Relish	19,81	1,65
Tuscan	22,42	1,18
Piso altitudinal		
PA I	24,88 a	0.94
PA II	17,25 b	1.16
PA III	20,07 b	1.64

¹ Error Estándar.

² PA I= 2300–2800 msnm.

³ PA II= 2801–3300 msnm.

⁴ PA III = 3301–3800 msnm.

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas (HSD Tukey; $p < 0.05$)

La altura de planta fue analizada en las tres variedades, y no se encontraron diferencias significativas entre las variedades, pero si para los pisos altitudinales. En la Figura 4 se muestra las interacciones para el piso altitudinal y las variedades del trébol rojo, donde se aprecia que la altura es mayor en el PA I, así como se corrobora con la Tabla 7 y Figura 5.

Finalmente, podemos mencionar que la altura de alguna manera está asociada con el rendimiento de biomasa y la tasa de crecimiento. Es así como se obtuvo un coeficiente de correlación (r^2) entre la altura de planta y el rendimiento de materia seca logrando un valor de 0.743. Estos valores afirman la teoría de Zarza *et al.* (2018).

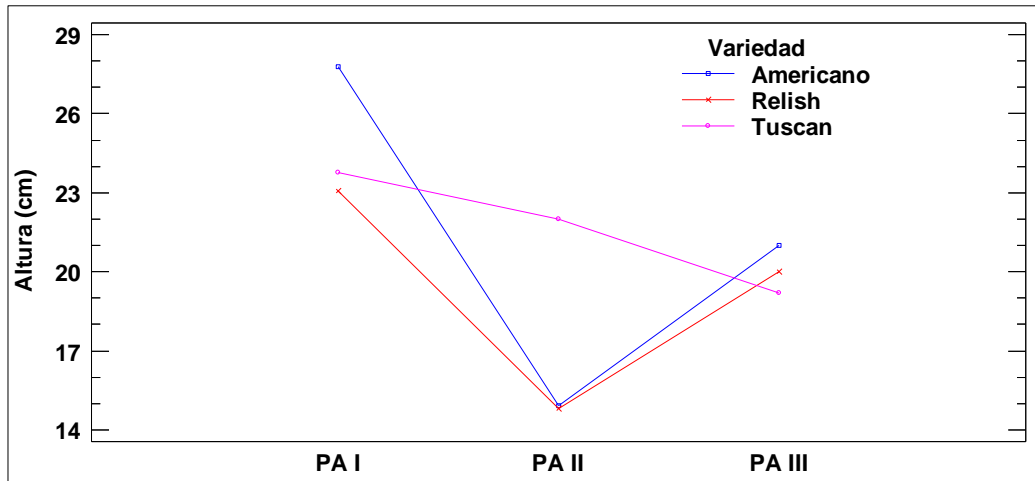


Figura 4. Interacciones entre el piso altitudinal y la variedad para la altura de planta.

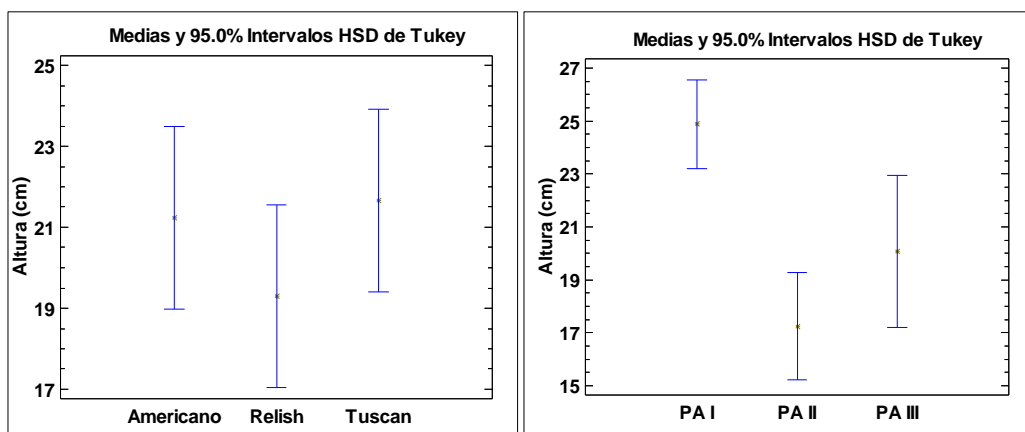


Figura 5. Intervalos de confianza de la altura para Variedad y Piso Altitudinal.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES

- No se encontraron diferencias significativas para la Materia Seca, Cenizas, Proteína, Grasa, Fibra y Extracto Libre de Nitrógeno del trébol rojo (*Trifolium pratense*) que obtuvieron valores promedio de 16,18%, 10,72%, 21,04%, 6,82%, 13,24% y 48,16% respectivamente.
- La variedad Tuscan tuvo mejor rendimiento de biomasa en el PA I y PA II con una producción de 15 001,8 y 14 854,7 Kg de MS/ha/año respectivamente.
- La mejor tasa de crecimiento fue para Tuscan en el PA II con 43,4 Kg de MS/ha/día; y la menor tasa de crecimiento fue también de la variedad Tuscan con 11,2 Kg de MS/ha/día; en el PA III.
- Los menores rendimientos de biomasa y tasa de crecimiento correspondieron al PA III, indicando que el piso altitudinal si influye en el rendimiento del trébol rojo.
- Se obtuvo un coeficiente de correlación (r^2) de 0.74 entre la altura de planta y rendimiento de biomasa.

CAPITULO VI.

RECOMENDACIONES

- Con los resultados obtenidos se recomienda introducir la variedad Tuscan en los pisos altitudinales (PI) 2386 msnm Y (PII) 2803 msnm debido al importante aporte nutricional y productivo de esta variedad.
- Se debe continuar con investigaciones de estas variedades en asociaciones con gramíneas.
- Para la instalación de trébol rojo se recomienda tener en cuenta la altitud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albayrak, S., y Türk, M. (2013). Changes in the forage yield and quality of legume-grass mixtures throughout a vegetation period. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(2), 139–147. <https://doi.org/10.3906/tar-1202-73>
- Andersson, B., Marum, B. y Dougherty, C. T. (1996). Persistence. In: Red Clover Science. Taylor NL and Queensberry KH (Eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 119-129 pp
- Bernal, J. (2005). Manual de manejo de pastos cultivados para zonas Altoandinas. Perú: Dirección General de Promoción Agraria, 70.
- Brugger, D., Nadler, C., Windisch, W. M., y Bolduan, C. (2016). Feed protein value of acidic precipitates obtained from press juices of three types of green forage leaves. *Animal Feed Science and Technology*, 222, 236–241. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.10.017>
- Casler, M. D., & Undersander, D. J. (2019). Identification of Temperate Pasture Grasses and Legumes. In *Horse Pasture Management*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812919-7.00002-0>
- Castro, M y Vilaró, D. (2010). Trébol rojo. Programa Nacional de Evaluación de Cultivares. INIA La Estanzuela. http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trebolr.htm. Consultado enero 2020.
- Daems, F., Decruyenaere, V., Agneessens, R., Lognay, G., Romnee, J. M., y Froidmont. (2016). Changes in the isoflavone concentration in red clover (*Trifolium pratense* L.) during ensiling and storage in laboratory-scale silos. *Animal Feed Science and Technology*, 217, 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.04.008>

- Drobná, J. (2009). Yield and forage quality of Romanian red clover (*Trifolium Pratense* L.) varieties studied in Slovakia. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(1), 204–208.
<https://doi.org/10.15835/nbha3713121>
- Hejduk, S., y Knot, P. (2010). Effect of provenance and ploidity of red clover varieties on productivity, persistence and growth pattern in mixture with grasses. *Plant, Soil and Environment*, 56(3), 111–119.
<https://doi.org/10.17221/164/2009-pse>
- Leto, J., Knežević, M., Bošnjak, K., Maćešić, D., Štafa, Z., & Kozumplik, V. (2004). Yield and forage quality of red clover (*Trifolium pratense* L.) cultivars in the lowland and the mountain regions. *Plant, Soil and Environment*, 50(9), 391–396. <https://doi.org/10.17221/4049-pse>
- Li, X., Tian, J., Zhang, Q., Jiang, Y., Wu, Z., & Yu, Z. (2018). Effects of mixing red clover with alfalfa at different ratios on dynamics of proteolysis and protease activities during ensiling. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 8954–8964. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14763>
- Marković, J., Dinić, B., y Terzić, D. (2016). Promene hemijskog sastava lista i stabla različitih sorti crvene deteline (*Trifolium pratense* L.) sa rastom i Razvicem. *Zbornik Radova*, 21(23), 199–204.
- Marshall, A. H., Collins, R. P., Vale, J., y Lowe, M. (2017). Improved persistence of red clover (*Trifolium pratense* L.) increases the protein supplied by red clover/grass swards grown over four harvest years. *European Journal of Agronomy*, 89(September 2016), 38–45.
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.06.006>
- Rojas, A., Hernández, A., Cansino, S., Maldonado, M., Mendoza, S., Alvarez, P., & Torres, B. (2016). Comportamiento productivo de cinco variedades de alfalfa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(8), 1855–1866.

- Rojas-García, A. R., Mendoza-Pedroza, S. I., De Lira-Candelas, A. L., Álvarez-Vázquez, P., Maldonado-Peralta, M. de los Á., González-Cerón, F., Pro-Martínez, A., Joaquín-Cancino, S., y Luna-Guerrero, M. J. (2019). Red clover yield (*Trifolium pratense* L.) at different haverst age. *Agroproductividad*, 12(8), 11–15.
<https://doi.org/https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1444>
- Tavlas, A., Yolcu, H., y Tan, M. (2009). Yields and qualities of some red clover (*Trifolium pratense* L.) genotypes in crop improvement systems as livestock feed. *African Journal of Agricultural Research*, 4(7), 633–641.
- Tucak, M., Popovič, S., Čupič, T., Španič, V., y Meglič, V. (2013). Variation in yield, forage quality and morphological traits of red clover (*Trifolium pratense* L.) breeding populations and cultivars. *Zemdirbyste-Agriculture*, 100(1), 63–70. <https://doi.org/10.13080/z-a.2013.100.009>
- Zarza, R., Rebuffo, M., La Manna, A., y Balzarini, M. (2018). Plant density in red clover (*Trifolium pratense* L.) pastures as an early predictor of forage production. *European Journal of Agronomy*, 101, 193–199.
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.10.004>

ANEXOS



Figura 6. Preparación del área experimental



Figura 7. Aplicación de cal y fertilizantes.



Figura 8. Asignación de las unidades experimentales.



Figura 9. Corte de las muestras para evaluar.



Figura 10. Limpieza del cultivo de trébol rojo (*Trifolium pratense*)



Figura 11. Área de corte de la muestra (0.09 m²)



Figura 12. Variedades empleadas en el experimento

Tabla 8. Base de datos original

Piso altitudinal	Época	Variedad	Altura (cm)	Kg/ha FV	Kg/ha MS/corte	Kg MS/ha/año	Tasa de Crecimiento
1	Seca	Americano	26	10922.2	1532.4	9194.3	25.19
1	Seca	Relish	15	5522.2	779.7	4678.4	12.82
1	Seca	Tuscan	15	7588.9	1013.9	6083.3	16.67
1	Seca	Americano	32	21300.0	2988.4	17930.3	49.12
1	Seca	Relish	31	25588.9	3613.2	21678.9	59.39
1	Seca	Tuscan	28	27222.2	3636.9	21821.3	59.78
1	Seca	Americano	29.7	19522.2	2739.0	16433.8	45.02
1	Seca	Relish	24	20333.3	2871.1	17226.4	47.20
1	Seca	Tuscan	22	15366.7	2053.0	12317.9	33.75
1	Lluviosa	Americano	30	19333.3	2712.5	16274.8	44.59
1	Lluviosa	Relish	29	22666.7	3200.5	19203.2	52.61
1	Lluviosa	Tuscan	27	26477.8	3537.4	21224.6	58.15
1	Lluviosa	Americano	23	16666.7	2338.3	14030.0	38.44
1	Lluviosa	Relish	19.7	12811.1	1808.9	10853.6	29.74
1	Lluviosa	Tuscan	24	18777.8	2508.7	15052.3	41.24
1	Lluviosa	Americano	26	16188.9	2271.3	13627.8	37.34
1	Lluviosa	Relish	19.7	12411.1	1752.4	10514.7	28.81
1	Lluviosa	Tuscan	26.7	16855.6	2251.9	13511.4	37.02
2	Seca	Americano	19	23222.2	4026.7	16106.9	47.10
2	Seca	Relish	16	12855.6	2301.1	9204.6	26.91
2	Seca	Tuscan	18	24333.3	3822.8	15291.1	44.71
2	Seca	Americano	14	11555.6	2003.7	8014.9	23.44
2	Seca	Relish	14	12300.0	2201.7	8806.8	25.75
2	Seca	Tuscan	23	32000.0	5027.2	20108.8	58.80
2	Lluviosa	Americano	11	4811.1	834.2	3337.0	9.76
2	Lluviosa	Relish	13	7777.8	1392.2	5568.9	16.28
2	Lluviosa	Tuscan	24	13888.9	2181.9	8727.8	25.52
2	Lluviosa	Americano	15.7	5144.4	892.0	3568.2	10.43
2	Lluviosa	Relish	16.3	6222.2	1113.8	4455.1	13.03
2	Lluviosa	Tuscan	23	24333.3	3822.8	15291.1	44.71
3	Seca	Americano	20.3	13888.9	1948.6	3897.2	11.40
3	Seca	Relish	20.3	17366.7	2452.2	4904.3	14.34
3	Seca	Tuscan	21.7	15188.9	2029.2	4058.5	11.87
3	Lluviosa	Americano	21.7	19033.3	2670.4	5340.8	15.62
3	Lluviosa	Relish	19.7	16811.1	2373.7	4747.5	13.88
3	Lluviosa	Tuscan	16.7	13633.3	1821.4	3642.8	10.65

Tabla 9. Análisis de varianza para la altura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Piso altitudinal	2	434.41	217.203	10.89	0.000
Época	1	0.22	0.218	0.01	0.917
Variedad	2	53.58	26.791	1.34	0.276
Error	30	598.44	19.948		
Falta de ajuste	12	235.00	19.583	0.97	0.509
Error puro	18	363.44	20.191		
Total	35	1086.64			

Tabla 10. Análisis de varianza para la biomasa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Piso altitudinal	2	495999519	247999760	10.80	0.000
Época	1	23018357	23018357	1.00	0.325
Variedad	2	59530982	29765491	1.30	0.288
Error	30	688892774	22963092		
Falta de ajuste	12	211740475	17645040	0.67	0.762
Error puro	18	477152299	26508461		
Total	35	1267441633			

Tabla 11. Análisis de varianza para la tasa de crecimiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Piso altitudinal	2	3392.1	1696.1	9.35	0.001
Época	1	202.8	202.8	1.12	0.299
Variedad	2	500.0	250.0	1.38	0.268
Error	30	5443.8	181.5		
Falta de ajuste	12	1792.7	149.4	0.74	0.701
Error puro	18	3651.1	202.8		
Total	35	9538.8			

Tabla 12. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SEMILLAS DE TRÉBOL ROJO

Genotipos	Pureza (%)	Germinación (%)	Peso de 1000 semillas (g)	Densidad de siembra kg/ha
Trifolium pratense				
Tuscan	100.0	98.0	1.8	9.5
Americano	95.0	68.0	2.2	18.1
Relish	99.8	90.0	1.9	11.2