

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**



**“PLAN DE ALIMENTACIÓN DE TORETES QUE
PASTOREAN *Setaria sphacelata*, EN OXAPAMPA, PASCO ”**

Presentada por:

ROLANDO AZANIA FABIAN

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

Lima – Perú

2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**“PLAN DE ALIMENTACIÓN DE TORETES QUE
PASTOREAN *Setaria sphacelata*, EN OXAPAMPA, PASCO ”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentada por:

ROLANDO AZANIA FABIAN

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. José Alberto Barrón López
PRESIDENTE

Ph.D. Javier Ñaupari Vásquez
ASESOR

Ph.D. Enrique Flores Mariazza
MIEMBRO

Ph.D. María Helena Souza de Abreu
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis queridos padres Rolando
y Carolina por el apoyo
incondicional brindado.

A mis hermanos Christian y Deysi Katherine
y a mi cuñado Luis por sus palabras de motivaciones.

A los jóvenes, ganaderos,
profesionales que están
comprometidas con la actividad
pecuaria en busca del desarrollo de
nuestro Perú.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida y la salud, la oportunidad de poder prepararme, superarme profesionalmente y brindarme los medios necesarios para solventar mi estancia en la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Al Ph.D. Javier Ñaupari Vásquez, por la amistad y el apoyo incondicional en calidad como patrocinador, por sus conocimientos impartidos y por las motivaciones brindadas.

A la Ph.D. Lucrecia Aguirre, Ph.D. Enrique Flores Mariazza y los integrantes del equipo técnico del Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales por brindarme las facilidades, los tramites y el uso de equipos y materiales necesarios para la ejecución de esta investigación.

A mis compañeros de estudio, de la maestría en Producción animal y del doctorado en Ciencia animal, con quienes tuve la oportunidad de trabajar, compartir experiencias y conocimientos.

A la señora Lurdes Javier administrativa de la Escuela de Posgrado por las orientaciones y el apoyo incondicional brindado.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 FORRAJES MÁS UTILIZADOS EN EL TRÓPICO	2
2.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y CALIDAD DEL FORRAJE	4
2.2.1 Factores ambientales	4
2.2.2 Factor edáfico	5
2.2.3 Factor planta	7
2.3 VALOR NUTRITIVO DE FORRAJES TROPICALES	8
2.4 PASTO SETARIA (<i>Setaria sphacelata</i>)	10
2.4.1 Producción y valor nutritivo del pasto setaria	10
2.5 ENGORDE DE TORETES EN REGIONES TROPICALES	12
2.6 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE NOVILLOS EN CRECIMIENTO .	13
2.6.1 Energía:	13
2.6.2 Proteína	15
2.6.3 Calcio y Fosforo	16
2.7 INGESTA DE FORRAJES Y SELECTIVIDAD DE LA DIETA EN GANADO AL PASTOREO	17
2.7.1 Factores que afectan la ingesta de forraje	18
2.8 PLANES DE ALIMENTACIÓN	19
2.8.1 Perfil alimentario	20
2.8.2 Presupuesto alimentario	20
2.8.3 Plan de pastoreo	21
2.9 SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EXPERIMENTAL	24
3.2 DURACIÓN	26
3.3 OFERTA DE FORRAJE	26
3.3.1 Tasa de crecimiento y disponibilidad de pasto	26
3.3.2 Temperatura y Humedad del suelo	26
3.3.3 Precipitación	27

3.4 DEMANDA DE FORRAJE	28
3.4.1 Animales experimentales	28
3.4.2 Estimación de peso vivo (PVi) y ganancia de peso diario (GPD)	28
3.4.3 Colección de muestras y análisis de las muestras	28
3.4.4 Estimación del requerimiento energético	29
3.4.5 Estimación del requerimiento proteico	30
3.4.6 Estimación de la ingesta de forraje	30
3.4.7 Selectividad de la dieta.....	31
3.5 PERFIL ALIMENTARIO	31
3.6 PRESUPUESTO ALIMENTARIO	33
3.7 PLAN DE PASTOREO	34
3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1 PRODUCCIÓN DE FORRAJE.....	36
4.1.1 Tasa de crecimiento.....	36
4.1.2 Disponibilidad de forraje.....	37
4.1.3 Temperatura y humedad del suelo	39
4.2 VALOR NUTRITIVO DE LA DIETA	40
4.2.1 Proteína cruda.....	40
4.2.2 Digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO)	42
4.2.3 Energía metabolizable	43
4.3 INGESTA DE FORRAJE Y SELECTIVIDAD DEL FORRAJE.....	44
4.4 Peso vivo.....	46
4.5 Ganancia de peso diario	47
4.6 PERFIL ALIMENTARIO	48
4.7 Presupuesto alimentario.....	50
4.8 Plan de pastoreo	51
V. CONCLUSIONES	54
VI. RECOMENDACIONES	55
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
VIII. ANEXOS.....	75

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Pastos más utilizados en el trópico	3
Cuadro 2. Valor nutritivo del pasto <i>Setaria sphacelata</i>	11
Cuadro 3. Concentración de minerales en diferentes variedades de <i>Setaria sphacelata</i>	12
Cuadro 4. Requerimiento de energía metabolizable para toretes (MJEM/d)	15
Cuadro 5. Ingesta de pastos de los toretes	44
Cuadro 6. Selectividad de la dieta	45
Cuadro 7. Perfil alimentario de toretes en pastoreo.....	49
Cuadro 8. Presupuesto alimentario para el periodo de lluvias en el fundo Carolina.....	50
Cuadro 9. Parámetros utilizados en el plan de pastoreo	51
Cuadro 10. Plan de pastoreo de los toretes en el fundo Carolina	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio	25
Figura 2. Variación del crecimiento del pasto en las diferentes épocas	36
Figura 3. Variación de la disponibilidad de forraje en las diferentes épocas	38
Figura 4. Variación de la temperatura (°C) y humedad del suelo (%) en las diferentes épocas	39
Figura 5. Variación del contenido de proteína cruda en las diferentes épocas.....	41
Figura 6. Variación de la DIVMO en las diferentes épocas	42
Figura 7. Variación de la energía metabolizable en las diferentes épocas	43
Figura 8. Peso vivo de los toretes (Kg/torete)	46
Figura 9. Ganancia diaria de peso en las tres épocas (Kg/día/torete).....	47
Figura 10. Balance entre oferta y demanda de forraje.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Datos de precipitación y curva de precipitación mensual en el Fundo Carolina.	75
Anexo 2: Análisis de suelo: Caracterización del área de estudio	76
Anexo 3: Base de datos de Temperatura de suelo y humedad del suelo	77
Anexo 4: Cuadro de análisis de varianza para temperatura de suelo	78
Anexo 5: Cuadro de análisis de varianza para la humedad del suelo	79
Anexo 6: Base de datos de tasas de crecimiento del pasto	80
Anexo 7: Cuadro de análisis de varianza para la tasa de crecimiento de pasto.....	81
Anexo 8: Base de datos de disponibilidad de forraje	82
Anexo 9: Cuadro de análisis de varianza de la disponibilidad de forraje.....	83
Anexo 10: Base de datos del valor nutritivo de la dieta	84
Anexo 11: Cuadro de análisis de varianza de la proteína cruda	85
Anexo 12: Cuadro de análisis de varianza de la DIVMO	86
Anexo 13: Cuadro de análisis de varianza para energía metabolizable	87
Anexo 14: Base de datos de selectividad de la dieta	88
Anexo 15: Cuadro de análisis de varianza de las hojas.....	89
Anexo 16: Cuadro de análisis de varianza de los tallos	90
Anexo 17: Cuadro de análisis de varianza para las partes de forraje verde	91
Anexo 18: Cuadro de análisis de varianza para las partes de forraje seco	92
Anexo 19: Base de datos de la utilización de la pradera	93
Anexo 20: Cuadro de análisis de varianza de la utilización de la pradera	94
Anexo 21: Base de datos de consumo de materia seca.....	95
Anexo 22: Análisis de varianza de consumo de los toretes.....	96
Anexo 23: Base de datos de peso vivo y el animal	97
Anexo 24: Cuadro de análisis de varianza del peso vivo de los toretes	98
Anexo 25: Cuadro de análisis de varianza de la ganancia de peso.....	99
Anexo 26: Base de datos de medidas corporales de los toretes.....	100
Anexo 27: Requerimientos diarios de Energía metabolizable y Proteína cruda	101
Anexo 28: Resultados de análisis químico de las dietas (LENA)	102
Anexo 29: Resultado de análisis Suelos del área de estudio (LASPAF).....	103

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diseñar planes de alimentación para toretes al pastoreo en *Setaria sphacelata* del fundo Carolina (29.3 ha), Provincia de Oxapampa, Departamento de Pasco, durante tres épocas; seca, inicio de lluvias y lluviosa (270 días). Se instalaron 11 excluidores para evaluar la tasa de crecimiento y la disponibilidad de forraje mediante corte y separación manual cada 45 días. Se utilizaron 4 toretes (251.7 kg. PVi) para estimar ganancia de peso; selección de dieta por el método de simulación manual y la ingesta de forraje por el método del comportamiento animal. La tasa de crecimiento, disponibilidad de forraje, la ingesta de forraje, valor nutritivo y ganancia de peso se analizó mediante el Diseño Completamente Randomizado. La tasa de crecimiento osciló de 12.9 a 25.8 Kg MS/ha/d; la disponibilidad de 1744.5 y 2857.3 Kg MS/ha, siendo los valores más bajos en época seca. Sin embargo, la energía metabolizable de la dieta (11.41, 11.58 y 11.45 MJ EM/kg MS) y la proteína cruda (13.25, 13.26 y 13.23 %) no variaron en todos los periodos. La tasa de ingesta respecto al PVi fue de 2.83, 2.91 y 2.88 %, la ganancia de peso promedio fue 0.78 kg/día y el requerimiento energético 79.2, 111.7 y 119.5 MJ EM/día en época seca, inicio de lluvia y lluviosa. El perfil alimentario reveló que no existe déficit en la oferta forrajera. Se concluye que existe mayor oferta forrajera en las épocas lluviosas, permitiendo introducir 15 toretes de 350 Kg adicionales al sistema; el valor nutritivo de la dieta superó los requerimientos de los toretes en todas las épocas, obteniéndose ganancias de peso constantes. Se recomienda construir un sistema de soporte de decisiones basados en uso de tecnologías de precisión y modelos de simulación para determinar la disponibilidad forrajera, valor nutritivo y planes de alimentación.

Palabras claves: plan de alimentación, *Setaria sphacelata*, tasa de ingesta, valor nutritivo, toretes.

ABSTRACT

The objective of the research was to design feeding plans for grazing steers on *Setaria sphacelata* in the Carolina farm (29.3 ha), Province of Oxapampa, Department of Pasco, during three seasons; dry, beginning of rain and rainy season (270 days). Eleven excluders were installed to evaluate growth rate and forage availability by manual cutting and separation every 45 days. Four steers (251.7 kg. PVi) were used to estimate weight gain; diet selection by the manual simulation method and forage intake by the animal behavior method. Growth rate, forage availability, forage intake, nutritive value and weight gain were analyzed using the Completely Randomized Design. Growth rate ranged from 12.9 to 25.8 kg DM/ha/d; availability from 1744.5 to 2857.3 kg DM/ha, being the lowest values in dry season. However, diet metabolizable energy (11.41, 11.58 and 11.45 MJ ME/kg DM) and crude protein (13.25, 13.26 and 13.23 %) did not vary in all periods. The intake rate with respect to PVi was 2.83, 2.91 and 2.88 %, the average weight gain was 0.78 kg/day and the energy requirement 79.2, 111.7 and 119.5 MJ ME/day in dry, rainy and rainy season. The feed profile revealed that there is no deficit in the forage supply. It is concluded that there is a greater forage supply in the rainy season, allowing the introduction of 15 additional 350 kg steers to the system; the nutritional value of the diet exceeded the requirements of the steers in all seasons, obtaining constant weight gains. It is recommended to build a decision support system based on the use of precision technologies and simulation models to determine forage availability, nutritive value and feeding plans.

Key Words: feeding plan, *Setaria sphacelata*, intake rate, nutritive value, steers.

I. INTRODUCCIÓN

La alimentación de los ganados en el trópico se basa en el uso de pastos y forrajes que es la fuente más económica de nutrientes para el ganado (Bernal 1994). Sin embargo, la producción de materia seca de los pastos a través del año es irregular en cantidad y calidad debido a limitaciones climáticas y edáficas (Perozo 2103). Por otro lado, la demanda de nutrientes del ganado es permanente durante todo el año, variando de acuerdo a su estado fisiológico y productivo; es por eso que una correcta planificación del pastoreo del ganado, que trate de coincidir la oferta y la demanda de nutrientes en estos sistemas, evitaría tener praderas sobre pastoreadas o sub pastoreadas en ambos casos afectando el medio ambiente y la rentabilidad ganadera.

La actividad de levante y engorde de toretes al pastoreo es una de las actividades que tiene gran importancia en la provincia de Oxapampa, por la facilidad del manejo, la poca mano de obra que se invierte en estos sistemas. La realización de los planes de alimentación puede ayudar a mejorar la gestión del pastoreo, el cual comprende conocer la cantidad y calidad nutritiva de la pastura y a su vez los requerimientos del animal en sus diferentes etapas. Esto involucra establecer un balance entre la oferta determinada por las tasas de crecimiento del pasto y la demanda de forraje determinada mayormente por el requerimiento energético del animal y el valor energético del forraje; es decir se requiere un monitoreo continuo del crecimiento del pasto, disponibilidad, precipitación, remanente forrajero, el peso del animal y las ganancias diarias de peso.

El objetivo general de este estudio fue diseñar planes de alimentación de toretes que pastorean pasto *Setaria sphacelata*. Los objetivos específicos fueron; (1) Evaluar las tasas de crecimiento del pasto, humedad y temperatura del suelo para expresar la oferta forrajera. (2) Determinar los requerimientos nutritivos, la ingesta de materia seca de los toretes en base al peso vivo, la ganancia diaria de peso y el valor nutritivo de la dieta para expresar la demanda de forraje. (3) Diseñar perfiles alimentarios, presupuesto alimentario y un plan de pastoreo para toretes en condiciones de trópico alto.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 FORRAJES MÁS UTILIZADOS EN EL TRÓPICO

Los pastos tropicales tienen un lugar fundamental para el surgimiento de una agricultura multifuncional que responde a la crisis de seguridad alimentaria, biodiversidad y cambios globales; cubre un área muy grande del bioma biológicamente más productivo del mundo (Boval *et al.* 2016). Aunque las condiciones del trópico son inferiores a las de la zona templada para la producción ganadera, esta región del mundo cuenta con condiciones climáticas, edáficas y ecológicas que le permiten producir grandes cantidades de biomasa, y por consiguiente de carne y leche (Bernal y Espinosa 2003). La gran capacidad de los pastos para producir materia seca, los hace ideales para suministrar proteína, energía, minerales, vitaminas y fibra al ganado bovino (Sánchez 2007); es importante mencionar que las praderas proporcionan también servicios y roles importantes, como captaciones de agua, reservas de biodiversidad para necesidades culturales y recreativas, sumidero de carbono para aliviar las emisiones de gases de efecto invernadero (Boval y Dixon 2012).

Los pastos naturales como el *Axonopus compressus*, *Paspallum conjugatum* y *Homolepsis aturensis* representan el 80 por ciento de la diversidad de especies presentes en la amazonia debido a la predominancia en suelos pobres y ácidos (Toledo y Morales 1979). Las gramíneas cultivadas predominantes en la amazonia peruana están conformadas por *Brachiaria decumbes* (30%), *Panicum máximum* (15%), *Hyparrhenia rufa* (15%), *Pennisetum purpureum* (5%), otros (8%) caracterizados por su resistencia al pastoreo, adaptación a suelos ácidos, soportar sequías prolongadas y palatabilidad (Schaus 1987).

El manejo de las pasturas debe orientarse a la producción de grandes cantidades de biomasa, la cual a su vez deben ser de buen valor nutricional y aprovechado por los animales. Todo esto dentro de un concepto de persistencia de las pasturas y de agricultura sostenible (Sánchez 2007). Las características principales de los pastos más utilizados en el trópico se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Pastos más utilizados en el trópico

Nombre del pasto	Producción	Valor nutritivo (%)	Adaptación (altitud y precipitación)	Fuente
<i>Brachiaria brizantha</i> . CV: Marandu, Xaraes, Piata	Época seca = 2.6- 8.9 TM MS/ha.; Época húmeda =7.8-16 TM MS/ha.	PC = 9.2-14.2 FC=41.1-45.4 NDT = 54.3 - 61.1; FDN = 64.9 - 74.9; FDA = 31-35.9; DISMS=60-93	0 a 1800 msnm, 1000 y 3500 mm/ año.	(De Pinho <i>et al.</i> 2014; Balseca <i>et al.</i> 2015; Peters <i>et al.</i> 2003; Hare <i>et al.</i> 2005)
<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf	1.8 a 6 TM.MS/ha,	DISMS = 63.2; FC = 42.9; PC = 9.1; FDN = 71.3; FDA = 46.2	0 a 1800 msnm , 1000 y 3500 mm/año	(Balseca <i>et al.</i> 2015; Peters <i>et al.</i> 2003)
<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	5 – 12 TM. MS/ha/año	DIVMS = 60.68-74.04; PC = 4.79-16.6; FDN = 55.36 -74.9;FDA = 29.56 - 43.93	0 – 1800 msnm, 1000 – 4000 mm/año.	(Bernal 1994; Peters <i>et al.</i> 2003)
<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst	20 a 30 TM. MS/ha/año	PC = 19.7-20.78; EE = 2.31-2.96; FDN = 63.9-64.5; FDA = 34.5 - 35.17	0 – 2000 msnm, 800 – 3500 mm/año	(Villalobos y Arce 2014; Peters <i>et al.</i> 2003)
<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	10 – 13 TM.MS/ha/año	PC = 9.6 -15.3; EE = 2.31- 3; FDN = 61- 63.9; FDA = 39.4 - 43.8	0 – 2200 msnm, 800 – 3000 mm/año.	(Bernal 1994; Peters <i>et al.</i> 2003)
<i>Panicum maximum</i> Jacq.	11.1 - 20.9 TM.MS/ha/año	PC = 12 - 17.9; FDN = 71.2 - 76.5; FDA = 32.2-39.8; DIVMS = 59.26 - 67.51	0 – 1500 msnm, 1000 – 3500 mm/año.	(Duarte <i>et al.</i> 2013)
<i>Pennisetum purpureum</i>	40-50 TM.MS/ha/año	PC = 16.4 -17.2; FC = 33.1 - 35.5 FDN = 71.2 - 76.5;FDA = 32.2 - 39.8; DISMO = 73.4 - 76.2	0-2200 msnm, 800-4000mm/año	(Simonetti <i>et al.</i> 2019; Haryani <i>et al.</i> 2018; Peters <i>et al.</i> 2003)
<i>Setaria sphacelata</i>	10 y 25 TM.MS/ha/año	PC = 6.1 - 16.9; FC = 25.4 - 32.4 FDN = 40.4 - 45; FDA = 35.5 - 44.5; DISMO = 72.55 - 79.6	0 – 2700 m, > 1000 mm/año.	(Rivera 2015; Peters <i>et al.</i> 2003; Llamas <i>et al.</i> 2016)

PC=Proteína cruda; FC=Fibra cruda; FDN=Fibra detergente neutro; FDA= Fibra detergente ácido; NDT=Nutrientes digestibles totales; DISMO=Digestibilidad *insitu* de la materia orgánica; DIVMS=Digestibilidad *invitro* de la materia seca; DISMS=Digestibilidad *insitu* de la materia seca

2.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y CALIDAD DEL FORRAJE

2.2.1 Factores ambientales

En el trópico, el 56 y el 59 por ciento de la radiación solar que llega al borde de la atmósfera penetra y toca la superficie de la tierra, mientras en la región templada a 40° de latitud, debido a que la radiación debe atravesar una capa de atmósfera más gruesa, solamente llega a la superficie un 46 por ciento de la radiación solar, es por eso que se estima que las áreas tropicales tienen aproximadamente el doble del potencial de producción que las áreas templadas, si no existen otros factores limitantes (Bernal y Espinosa 2003).

La duración del período luminoso es otro factor muy relacionado con la intensidad y calidad de la radiación que puede afectar directamente el crecimiento. Los días cortos del período invernal, unido a la baja intensidad de radiación son una de las causas fundamentales de la disminución de la productividad de los pastizales, cuyo comportamiento es variable en dependencia de la especie de pasto (Del Pozo 2004). Los pastos defoliados con intercepción de luz baja pueden tener una tasa de crecimiento de forraje baja, mientras que el crecimiento excesivo da sombra a las hojas, lo que reduce la tasa de crecimiento dando como resultado una curva de rebrote en forma de S (Rayburn y Griggs 2020). Por otra parte, el aumento en la intensidad de la luz, favorece los procesos de síntesis y acumulación de carbohidratos solubles en la planta, mostrando un comportamiento inverso con el resto de los constituyentes solubles y estructurales, siempre que otros factores no sean limitantes (Del Pozo 2004).

Los forrajes a altas temperaturas acumulan más lignina y carbohidratos de la pared celular que los forrajes de madurez fisiológica similar y especies cultivadas a bajas temperaturas. A bajas temperaturas, se encuentra una mayor acumulación en las hojas de carbohidratos no estructurales, como el fructano, que es altamente digerible (Wayne y Cecava 1995). Las vainas de los haces de pastos tropicales tienen paredes más gruesas que son resistentes a la rotura mecánica y pueden ser responsables de un mayor tiempo de retención del rumen (Lowe *et al.* 2016). Otros cambios frecuentes en la raíz y parte aérea de la planta por causa de las altas temperaturas son la rápida pérdida de sucrosa, aumento en el porcentaje de celulosa, lignina, pentosanas y mayor porcentaje de nitrógeno (N) total y de N soluble (Bernal y Espinosa 2003). Es importante considerar que el incremento de temperatura,

aumenta también la tasa de senescencia de las hojas, por lo que disminuye más rápidamente el valor nutritivo del forraje (Canseco *et al.* 2007).

El exceso de precipitación tiene un efecto mayor en los suelos mal drenados y húmedos, causando anoxia en las raíces, afectando su respiración aeróbica, absorción de minerales y agua, y si este se prolonga en especies no tolerantes, disminuye la asimilación y translocación del carbono produciéndose cambios metabólicos que activan la respiración anaeróbica, lo cual implica una menor eficiencia energética y bioproduktividad en las plantas (Del Pozo 2004). En condiciones tropicales la disponibilidad de forraje es mayor en la época lluviosa debido a las mejores condiciones de temperatura, humedad del suelo y precipitación que favorecieron el crecimiento del pasto *Panicum maximum* (Núñez *et al.* 2019). Los forrajes en los meses de la época de lluvias muestran incrementos en la producción de 30 y 115 por ciento más de peso seco acumulado (PSA) y tasas de crecimiento (TC), comparado con las épocas de nortes y secas, respectivamente (Muñoz *et al.* 2016).

En período de déficit hídrico disminuye la tasa de crecimiento de la pradera, la que puede llegar a valores cercanos a cero en casos extremos (Canseco *et al.* 2007). La absorción de nutrientes está restringida por las altas tensiones de humedad y las altas temperaturas, que inducen la madurez fisiológica y la disminución de ciertos nutrientes (Crowder 1985). Cuando el déficit hídrico se desarrolla lentamente, las plantas pueden presentar respuestas de aclimatación que tienen efectos sobre el crecimiento, como la disminución de la expansión foliar y el aumento del crecimiento radicular (Shao *et al.* 2008; Moreno 2009) y un menor crecimiento de las raíces, a medida que el estrés se intensifica (Bänziger *et al.* 2000).

2.2.2 Factor edáfico

Los suelos presentan propiedades físicas y químicas determinadas por la acción del clima sobre el material parenteral, determinando si una planta puede establecerse y producir eficientemente en un sitio o no (Bernal y Espinosa 2003). Los suelos arenosos y en general los de textura gruesa, suelen ser más pobres en nutrimentos asimilables que los de textura más fina como los arcillosos (Bernal 1994). Al incrementarse la resistencia mecánica del suelo a la penetración y la humedad del suelo en la capa de 10-20 cm se promueve una reducción en la producción del forraje (Montanari *et al.* 2013).

Es conocido que la reacción del suelo o pH afecta la disponibilidad de nutrientes y el desarrollo de las plantas, en suelos extremadamente ácidos, el hierro y el aluminio se encuentran en forma soluble, que pueden ser tóxicos para la raíz impidiendo su desarrollo, por otro lado, en suelos con pH altos se dificulta la toma de nutrientes y de agua, debido a la alta conductividad y se afecta el crecimiento debido a sales libres en el suelo (Bernal 1994). En suelos ácidos el fósforo disponible es bajo, es conocido que el fosforo tiene un rol importante en el establecimiento de praderas; cuando se fertiliza con fosforo se incrementa el rendimiento del pasto hasta las dosis más altas de fósforo aplicado (Mombiola 1986); Por otra parte, la fertilización nitrogenada incrementó la producción de forraje, el contenido de proteína bruta, la acumulación de nitrógeno y el índice de color verde en el pasto Mombasa (Munari 2017).

La materia orgánica incrementa la habilidad del suelo para retener nutrientes, reduce la compactación, incrementa la capacidad de retención de agua, mejora la capacidad tampón del suelo y es una fuente de energía para los microorganismos (Bernal y Espinosa 2003). Los organismos del suelo (micro, meso y macrofauna) participan directamente en la descomposición de la materia orgánica que permite la liberación de nutrientes que forman parte del ciclo biogeoquímico en los diferentes ecosistemas, mientras que la hojarasca de los pastizales se considera la fuente más importante del reciclaje de los nutrientes en los pastizales permanentes (Crespo 2015).

La humedad del suelo está relacionada con las épocas de mayor y menor precipitación (Ñaupari 2000; Núñez *et al.* 2019). Un aumento en el contenido de humedad disminuye las diferencias de temperatura del suelo entre el día y la noche, lo que proporciona protección al sistema radicular de la planta contra cambios bruscos y repentinos de la temperatura del suelo; asimismo la absorción de energía solar aumenta a medida que aumenta el contenido de humedad, lo que resulta en una mayor capacidad de almacenamiento de calor con un mayor contenido de humedad (Al-Kayssi 1990). Rangos de temperatura del suelo de 10 – 28°C influye en la respiración del suelo por el incremento de la actividad de enzimas extracelulares que degradan los polímeros de la materia orgánica en el suelo; con el aumento de la temperatura se acelera la tasa de mineralización del nitrógeno del suelo; resultado de la descomposición de la materia orgánica producto de la gran actividad microbial (Onwuka 2016); es así que la temperatura del suelo conjuntamente con la humedad, radiación solar y

cantidad de nutrientes influyeron en las mayores tasas de crecimiento del pasto *Panicum maximum* en época de lluvias (Núñez *et al.* 2019).

2.2.3 Factor planta

Los pastos tropicales con el sistema de fotosíntesis C4 (ciclo del ácido dicarboxílico), tienen un mayor potencial de producción que las leguminosas forrajeras cultivadas, que tienen un sistema de fotosíntesis C3 (ciclo del ácido fosfoglicérico), estos pastos de tipo C4 alcanzan producciones máximas de materia seca de 50 a 54 g/m²/día, mientras que las plantas C3 alcanzan solamente entre 34 y 39 g/m²/día (Bernal y Espinosa 1993). El potencial de crecimiento y producción de los pastos está en dependencia de la vía metabólica utilizada para llevar a cabo la fotosíntesis, así como de su relación con la respiración. De ahí que la productividad de los pastizales dependa de la eficiencia de conversión que realicen del CO₂ atmosférico, de los nutrientes, de la humedad de los suelos y la energía solar (Del pozo, 2004). La respuesta fotosintética de las plantas C4 y C3 a incrementos en la iluminación es radicalmente diferente, las hojas de las leguminosas (C3) se saturan con intensidades de luz entre la mitad y un tercio de la máxima luz incidente en el trópico, las hojas de las gramíneas (C4) continúan aumentando su actividad fotosintética con el incremento de la intensidad de la luz incidente, asimismo la ausencia de fotorespiración detectable en las plantas C4 es un factor que contribuye a la eficiencia en la utilización del CO₂ por estas plantas (Bernal y Espinosa 2003).

Existe una relación directa entre el crecimiento de las raíces y la cantidad de área foliar desarrollada, si se retira demasiado la superficie foliar, las raíces reducen su biomasa radicular, cuando el manejo permite un residual de 50 al 60 por ciento de la biomasa aérea, el crecimiento de las raíces no se reduce significativamente; permitiendo que las plantas se mantengan sanas y con un crecimiento foliar bastante rápido (Blanchet *et al.* 2003). Después del pastoreo la planta sobrevive gracias a la energía que le aportan las reservas de carbohidratos solubles de las partes remanentes de la planta, esas reservas las usa para producir rebrotes y así recobrar su capacidad de fotosintetizar y producir follaje nuevamente (Sánchez 2007); además tratan de lograr un equilibrio entre la concentración de nitrógeno, carbohidratos solubles y biomasa entre la raíz y la parte aérea de la planta (Liu *et al.* 2018).

2.3 VALOR NUTRITIVO DE FORRAJES TROPICALES

De todos los componentes nutricionales de los forrajes, las proteínas enzimáticas son las más importantes, al menos para la salud y el crecimiento de la planta. La ribulosa bifosfato carboxilasa/oxigenasa (RuBisCO), es la proteína más abundante y representa aproximadamente el 40-60 por ciento del total de las proteínas de las hojas de la planta. (Hatfield y Kalscheur 2020). El contenido total de proteínas de los forrajes puede ser muy variable entre las especies, las leguminosas suelen contener niveles más altos de proteína (15-25 por ciento) en comparación con las gramíneas (10 - 20 por ciento), asimismo la concentración de proteína bruta total está inversamente relacionada con el estado de desarrollo de la planta (Van Soest 1994). Los pastos de *Brachiaria brizanta* (A. Rich.) Staff, *Pennisetum purpureum* Schum disminuyeron sus contenidos de proteína cruda con el avance de la edad de cosecha (Merlo *et al.* 2017; Barrón *et al.* 2009). Sin embargo, en el pasto *Setaria sphacelata* la edad de cosecha no influyó en los valores de proteína cruda (Rivera 2015).

La pared celular de la planta está compuesta principalmente por polisacáridos de composición y estructura variable entre los que se destacan la celulosa y hemicelulosa, lignina, ácidos fenólicos, proteínas, iones y agua (Valenciaga y Chongo 2004). La composición molecular varía entre tipos de células, tejidos y especies de plantas; una aproximación de peso seco podría ser 30 por ciento de celulosa, 25 por ciento de hemicelulosa, 35 por ciento de pectina y un 10 por ciento de proteína (Segura *et al.* 2007).

La fibra detergente neutro (FDN) es una medida de celulosa, hemicelulosa y lignina: los tres componentes estructurales principales de la pared celular de la planta (Grant 1991). El contenido de FDN en los forrajes disminuye en la primavera cuando el forraje está en crecimiento y tiene un alto contenido de carbohidratos no estructurales, en el clima cálido de verano hay un aumento y disminuye en el clima fresco del otoño a medida que aumentan los carbohidratos no estructurales (Rayburn y Sharpe 2019). Las investigaciones demuestran que la FDN está correlacionada negativamente con la ingesta de materia seca y que esta fracción aumenta con el avance de la madurez de los forrajes (Lardy 2018). Novillos alimentados con dietas altas en FDN (50.8 por ciento) disminuyeron en un 14 por ciento su consumo, además las ganancias de peso vivo fueron 13.8 por ciento menores que los novillos alimentados con dietas bajas en FDN (33.8 por ciento) (Tjardes *et al.* 2002).

Los carbohidratos solubles en agua del forraje representan la parte más digerible de los carbohidratos no estructurales o de almacenamiento de la planta, los dos términos no son sinónimos porque el almacenamiento incluye almidones que generalmente son insolubles en agua fría y no pueden ser eliminados por completo con agua caliente, el término carbohidrato soluble en agua se refiere generalmente a los compuestos solubles en agua fría o en el contenido gastrointestinal e incluye monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y algunos polisacáridos (Van Soest 1994). La concentración de carbohidratos no estructurales (CNS) en los pastos perennes de la estación fría está positivamente correlacionada con la concentración de proteína cruda (PC) y negativamente con FDN y Fibra detergente ácido (FDA) en el estado de prefloración (Zhao *et al.* 2007). El estudio de distribución dentro de la planta de los carbohidratos solubles en pastos nativos de regiones tropicales, en Brasil, revelan que la glucosa y el almidón libre se encuentran en la mayoría de los órganos de las plantas; la sacarosa se detectó en cantidades mayores sólo en los tallos, sin embargo, la fructosa libre y los oligosacáridos a base de sacarosa sólo se encontraron en cantidades muy bajas (Moraes *et al.* 2012).

La forma más directa de determinar la digestibilidad de la materia seca es medir la materia seca consumida y excretada en las heces y calcular la proporción de materia seca que desapareció entre la ingesta y la excreción. Aunque las características del forraje determinan la digestibilidad potencial, los factores animales y otros componentes dietéticos pueden afectar drásticamente la digestión del forraje (Mertens y Grants 2020). Las láminas foliares de los pastos C3 son degradadas más rápidas que las de los pastos C4, dado que las primeras al tener más células del mesófilo, floema, epidermis y parénquima en empalizada son degradadas casi totalmente, en contraste, las células de la epidermis y la envoltura de los haces vasculares del parénquima en pastos C4 pueden ser lenta o sólo parcialmente degradadas (Barahona y Sanchez 2005). Las características estructurales que limitan la degradación del forraje son principalmente tejidos de soporte altamente lignificados como el esclerénquima y la xilema. Sin embargo, la presencia de barreras químicas (probablemente compuestos fenólicos de bajo peso molecular) dentro de las paredes celulares "vivas", como la vaina del haz de parénquima y la epidermis, evita la degradación de las fibras en estos tejidos (Akin 1989).

2.4 PASTO SETARIA (*Setaria sphacelata*)

La *Setaria sphacelata* es una gramínea perenne originaria de África tropical (Borrajo y Pizzio 2006). Es un pasto que pertenece a las plantas C4, que tiene un alto rendimiento potencial en verano, pero su persistencia y producción en temporada fría son deficientes (Boom y Sheath 1996). Su inflorescencia es una panícula más o menos cilíndrica con forma de espiga de hasta 18 pulgadas o más de largo en algunas cepas. Las espiguillas son subastadas por 6-15 cerdas de hasta 2.5 cm de largo, y tienen una forma elíptica-oblonga con dos flósculos, de los cuales sólo la parte superior es fértil. La gluma inferior es aproximadamente la mitad de la longitud de la espiguilla, mientras que la superior es más larga (Hacker y Jones 1969).

Esta especie se caracteriza por ser robusta, alcanza hasta 180 cm de altura, se adapta en zonas que reciben más de 600 mm de lluvia anualmente, resiste la sequía y el encharcamiento y prefiere suelos húmedos y fértiles (Bernal 1994). El óptimo de crecimiento se ubica entre los 18 y 22 °C indicando claramente su condición de subtropical (Mas 2007; Bogdan 1997). Su establecimiento puede ser por estolones vegetativos o por semillas, se reportan varias densidades de siembra, para la variedad Kazungula se recomienda 50 x 25cm, mientras para *Setaria splendida* 70 x 90cm (Hacker y Jones 1969), la profundidad de siembra de las semillas recomendadas es no mayor a un centímetro, una buena humedad del suelo y un control adecuado de maleza garantizan un buen establecimiento (Mas 2007).

2.4.1 Producción y valor nutritivo del pasto setaria

La producción anual de materia seca (MS) fluctúa entre 6 000 a 10 000 Kg ha⁻¹; en años de menores precipitaciones a las normales, el rendimiento puede bajar a unos 4 000 Kg ha⁻¹ (Mc Lean 2015). La producción de biomasa seca del pasto setaria con diferentes niveles de fertilización obtenido por Egg (1990) varían de 930 Kg ha⁻¹ hasta 1280 Kg ha⁻¹ evaluado a 45 días de rebrote. Boom y Sheath (1996) reportan producciones del pasto setaria de 12.5 toneladas de materia seca al año y el valor de proteína cruda de 12 por ciento; sin embargo, en regiones de clima óptimo para su desarrollo existen registros de hasta 28 toneladas de MS/ha/año, con 250 kg de N/ha y riego (Mas 2007).

La fertilización nitrogenada incrementa la productividad de materia seca y la concentración de proteína bruta en el pasto *Setaria sphacelata*, mas no afecta los valores de fibra detergente

neutro (FDN) ni la fibra detergente acida (FDA), Llamas *et al.* (2016) reportan valores de proteína bruta de 19.9 y 6.9 por ciento en setaria fertilizada y sin fertilización. El pasto setaria es estimado por su digestibilidad, es afectada por la variedad, el estado fisiológico, el manejo, la temperatura y el nivel de nitrógeno entre otros factores; pero en términos generales se puede decir que la setaria se enmarca dentro de las características de las gramíneas estivales, con valores relativamente bajos de digestibilidad y proteína cruda, aunque dentro de ese grupo se ubica en el estrato superior (Mas 2007). Los valores de proteína cruda, fibra y digestibilidad varían con la edad (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valor nutritivo del pasto *Setaria sphacelata*

<i>Setaria sphacelata</i>	Proteína (%)	Fibra cruda (%)	FDN (%)	DMS (%)	Fuente
Botón floral, Inicio de floración , Maduración de semilla	6 - 9	25.74	ne	73	(Lopez <i>et al.</i> 2108)
35 días	11.85	ne	42.1	80.33	(Rivera 2015)
45 días	14.36		45	76.13	
55 días	12.28		40.44	74. 20	
6 semanas	10	31	ne	ne	(Margan 1988)
28 días	5.6 a 13.6	ne	ne	66.8	(Minson 1990)
42 días				61.4	
70 días				59.3	

ne : no estudiado

Diversos estudios indican concentraciones de oxalatos altos en la materia seca del pasto setaria; estudios realizados en Japón donde se analizaron el contenido de oxalatos y minerales en 40 especies forrajeras indican que la concentración de oxalatos de la mayoría de las plantas forrajeras están por debajo del nivel de toxicidad que es de 20 gr/Kg.MS, solo 3 especies presentaron niveles altos de oxalatos como el *Pennisetum purpureum*, *Brachiaria mutica* y *Setaria sphacelata* (Rahman *et al.* 2013). Existe una interrelación entre las concentraciones de cationes, oxalatos, producción de materia seca y digestibilidad de la materia seca (DMS), bajo condiciones de bajos niveles de potasio, variedades de setaria altamente productivas son altos en oxalatos y en la digestibilidad de materia seca (Hacker 1974). El oxalato puede unirse al calcio (Ca) o al magnesio (Mg) de la dieta para formar oxalato de Ca o Mg insoluble, lo que puede provocar niveles bajos de Ca o Mg en suero, así como insuficiencia renal debido a la precipitación de estas sales en los riñones (Rahman *et*

al. 2013). Por lo tanto, puede haber una interferencia con el metabolismo del calcio en el intestino y en el hueso, lo que lleva a anomalías en el esqueleto y a un crecimiento retrasado (Gardiner 1963). Es importante resaltar que la disponibilidad del calcio en pastos tropicales que contienen cristales de oxalato de calcio, es 20 por ciento menos que pastos que tienen bajas concentraciones de oxalatos (Blaney *et al.* 1982). La concentración mineral varía entre las diferentes variedades del pasto *Setaria sphacelata* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Concentración de minerales en diferentes variedades de *Setaria sphacelata*

Nutrientes (%MS)	Splendida	Nandi	Kazungula	Narok
Sodio	0.36	0.07	0.43	0.34
Potasio	2.52	2.53	2.32	2.46
Azufre	0.2	0.2	0.19	0.18
Calcio	0.37	0.34	0.36	0.33
Magnesio	0.18	0.16	0.16	0.16
Fosforo	0.26	0.29	0.26	0.26
Nitrógeno	3.28	3.17	2.9	2.83

Fuente: Evans y Hacker 1992

2.5 ENGORDE DE TORETES EN REGIONES TROPICALES

El potencial de producción de carne de los pastos tropicales depende de factores como el suelo, la especie del pasto utilizado, su manejo, las condiciones de explotación y el tipo de animal utilizado (Iglesias *et al.* 2011). La magnitud de la respuesta animal a pastoreo depende en gran parte de las prácticas racionales utilizadas; por lo tanto, estas deben estar orientadas a lograr el equilibrio entre: crecimiento del pasto; valor nutritivo del rebrote; eficiencia de utilización o cosecha y consumo por parte del animal (Chacón 2013). El aumento de peso vivo del ganado alimentado con pastos tropicales es bajo en comparación con los pastos templados (Poppi *et al.* 2018). Esto puede estar relacionada con diferencias morfológicas, ya que las especies tropicales generalmente tienen un hábito de crecimiento más abierto que las especies templadas, así mismo la baja densidad de las hojas afecta el tamaño de mordedura del ganado, conllevando a gastar más energía y tiempo en la cosecha del pasto (Lowe *et al.* 2016).

La carga animal de 1.7, 2.2 y 2.8 novillos/ha influyó en las ganancias de peso de novillos obteniéndose 511, 401 y 348 gr/nov/día, asimismo la altura del remanente del pasto *Setaria sphacelata* de 15, 20 y 25 cm, después del pastoreo resultó en ganancias diarias de 400, 550

y 680 gr/novillo, sin embargo, la mayor producción de carne por hectárea se obtuvo con una carga de 2.8 novillos/ha con 181 Kg. de carne (Barbera *et al.* 2009). Las mejores ganancias de pesos en novillos se logran cuando la oferta de forraje verde supera los 1000 kg/ha, asimismo las ganancias de pesos disminuyen rápidamente con la disminución de la masa foliar verde por debajo de este umbral (Hill *et al.* 2009). Cuando se suplementó con cáscara de soja y semillas de maíz novillos que pastoreaban pasto *Panicum máximum* cv Tanzania, con una cantidad de 0.8 por ciento de su peso vivo, se registró una ganancia diaria de 0.982 y 0.937 Kg/novillo, mientras que la ganancia diaria de peso con suplementación mineral fue tan solo de 0.530 Kg/novillo (Santana *et al.* 2013). Mijares *et al.* (2012) al evaluar toretes que pastan pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) reporta ganancias de peso vivo de 400, 493 y 413 gr/día para pastoreo + bloque multinutricional, pastoreo + suplemento tradicional, y pastoreo solo respectivamente. Por otro lado, la utilización de Boldenona Undecilenato más bloque multinutricional proteico, energético, mineralizado y vitaminizado permitió un incremento de peso de 1.07 Kg/animal/día, comparado con el testigo 0.49 Kg/animal/día (Castro *et al.* 2016).

2.6 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE NOVILLOS EN CRECIMIENTO

2.6.1 Energía:

La energía es el componente dietético de mayor importancia después del agua. La energía deriva de los carbohidratos, grasas, proteínas, y de las reservas corporales del animal. La ingesta de energía mantiene las funciones corporales y facilita el crecimiento y desarrollo, incluyendo la reproducción y lactancia (Rinehart 2008).

La jerarquía en la digestión de la energía comienza con energía bruta, la cual es la energía que se ingiere. Una parte de la energía que se ingiere es digestible, y otra no lo es. La que no es digestible se excreta como energía fecal, y la que resta para ser usada por el cuerpo es energía digestible. La energía metabólica es la energía restante después de contar con pérdidas digestivas y metabólicas. Parte de la energía metabólica se pierde como orina, y otra parte como metano. Lo que resta es energía usada para la mantención de la temperatura corporal, respiración, crecimiento, reproducción y producción de leche. Esta fracción se llama energía neta y se divide usualmente en energía neta de mantenimiento (ENm), energía neta para ganancia (ENg), y energía neta para lactancia (ENl) (Rinehart 2008).

El Consejo Nacional de investigación (NRC) (1996) describe que las necesidades de energía neta mantenimiento (ENm) de ganado bovino de carne se han calculado en base al peso corporal vacío (EBW) en kilogramos, asimismo los efectos de la actividad y medio ambiente se incorporan implícitamente en ENm en este sistema. El metabolismo de ayuno (MA) se está dada por la siguiente ecuación:

$$MA = 0.077 \text{ Mcal} \times EBW^{0.75} \dots\dots\dots(\text{ecuación 1})$$

En general, las razas y los individuos que maduran con pesos más elevados pueden necesitar un mayor mantenimiento, y las razas de *Bos indicus*, que están más adaptadas a climas cálidos, pueden necesitar menos. Con el ganado en pastoreo, el "incremento de la actividad" del movimiento puede aumentar las necesidades de mantenimiento de energía en un 10-20 por ciento, o más, por encima de las del animal en reposo (McDowell 1985).

La eficiencia de utilización de la EM se suele citar como un coeficiente (k), con un sufijo (m, l, f), dependiendo de si k se refiere al uso del alimento para mantenimiento, lactancia, engorde o crecimiento, para la mayoría de los alimentos, $K_m > K_l > K_f$, con valores que dependen de la digestibilidad de la dieta (Minson 1990). Lisboa *et al.* (2013) reportan que la eficiencia de la energía metabolizable (EM) utilizada para el mantenimiento y para el aumento de peso de terneros cebuinos en pasturas tropicales fue de 0.55 y 0.26, respectivamente; asimismo Porto *et al.* (2013) reporta eficiencias de la energía metabolizable para mantenimiento (K_m) y ganancia (K_g) de 0.58 y 0.24 para toros jóvenes de cruce Nellore/Holstein sobre pradera de *Brachiaria decumbes*.

Para ganar un kilogramo de peso, el ganado necesita entre 35 y 45 MJ ME por encima de lo requerido para el mantenimiento, dependiendo de la etapa de producción. Los bovinos más jóvenes tienden a poner más proteína (músculo) que grasa, por lo que tienen una menor demanda de energía para el crecimiento, mientras que los bovinos más maduros tienden a poner más grasa, por lo que tienen una mayor demanda de energía para la misma tasa de ganancia (Meat & Livestock Australia 2006). Los requerimientos del ganado varían de acuerdo al peso del animal y su ganancia de peso diario (Cuadro 4).

Cuadro 4. Requerimiento de energía metabolizable para toretes (MJEM/d)

Peso vivo (Kg)	Ganancia de peso vivo (Kg/día)						
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
150	22	27	35	44	53	64	75
200	28	34	43	54	66	79	93
250	33	40	51	64	78	94	110
300	38	46	59	73	90	107	126
350	42	52	66	82	101	120	141
400	47	57	73	91	111	133	156
450	51	63	80	100	122	145	171
500	55	68	86	108	132	157	185
550	59	73	93	116	141	169	198

Fuente: Porto *et al.* (2012)

Todos los forrajes pueden clasificarse en función de su contenido de energía metabolizable como una proporción del valor de la materia seca del alimento (M/D) expresada como Mega Joules (MJ) EM/Kg MS) para indicar su valor para rumiantes. Conocer el valor M/D de los pastos es esencial para una planificación efectiva de su uso (Waghorn y Barry 1987).

2.6.2 Proteína

El valor de proteína cruda (PC) es importante ya que la proteína contribuye energía, y provee aminoácidos esenciales tanto para los microorganismos del rumen como para el animal (Rinehart 2008). Además de su papel obvio como parte del "protoplasma", la proteína es un componente de las hormonas y enzimas; constituye una gran proporción del peso seco del músculo, la piel, la sangre y las secreciones corporales. Las proteínas y los aminoácidos juegan un papel tan prominente en la fisiología animal que es razonable decir que las proteínas son básicas para la vida (Wayne y Cecava 1995). La proteína es necesaria para la producción de leche, músculo, lana y pelo, para reemplazar la proteína perdida inevitablemente durante el mantenimiento del peso corporal. La proteína contiene 22 aminoácidos diferentes y los rumiantes pueden ser incapaces de sintetizar algunos de estos aminoácidos a una velocidad suficiente para cumplir con sus requisitos óptimos (Minson 1990).

La importancia del estimador de PC se basa en el hecho que los rumiantes son capaces de utilizar nitrógeno no proteico, y satisfacer parte de sus requerimientos de proteína con

proteína microbiana sintetizada en el rumen. La otra ventaja que ofrece este parámetro es que la mayor parte de la información disponible sobre requerimientos nutricionales y sobre valor nutritivo de alimentos está expresada en términos de PC. Sin embargo, PC no indica ni la proporción de proteína verdadera y nitrógeno no proteico de un alimento, ni las características de degradabilidad ruminal de la misma (Cozzolino 1994).

La estimación de los requerimientos de proteína cruda para ganado nativo tailandés, Brahmán y Brahmán cruzado fueron presentado por El Comité de Trabajo de la Normativa Tailandesa de Alimentación de Rumiantes (WTSR) (2010) mediante las ecuaciones:

Requerimiento de proteína, Ganado nativo tailandés;

$$PC = 0.38 * GDP + (W^{0.75}) * 5.03 \dots\dots\dots(ecuación 2)$$

Requerimiento de proteína, Ganado Brahmán;

$$PC = 0.56 * GDP + (W^{0.75}) * 4.52 \dots\dots\dots(ecuación 3)$$

Requerimiento de proteína, Ganado Brahmán cruzado;

$$PC = 0.59 * GDP + (W^{0.75}) * 5.47 \dots\dots\dots(ecuación 4)$$

Donde:

- PC = Proteína cruda (g)
- GDP = Ganancia diario de peso (g)
- W = Peso del animal (kg)

2.6.3 Calcio y Fosforo

El calcio y el P son los dos minerales más abundantes en el cuerpo de los mamíferos, siendo los dos minerales dominantes en el cristal de hidroxapatita de los huesos y los dientes. Como el 0.99 del Ca y el 0.80 del P se encuentran en estos tejidos, es habitual considerar los dos elementos juntos. Sin embargo, el otro 0.20 del P está implicada en una amplia gama de actividades energéticas y proteicas intracelulares, incluyendo la unión de alta energía en

moléculas como el trifosfato de adenosina y el fosfato de creatina, así como la integridad estructural de las paredes celulares como los fosfolípidos. Además, el P está en el ADN y el ARN, y participa en la regulación del equilibrio ácido-base. Por lo tanto, es vital para el funcionamiento normal de todas las células del cuerpo, y para todos los microbios del tracto gastrointestinal (CSIRO 2007).

Las necesidades de calcio para mantenimiento es de 15 mg Ca por kilogramo de peso vivo, el calcio retenido es de 7.1 gr/100gr de proteína acumulada, en vacas en lactación el requerimiento es de 1.23gr Ca por kilogramo de leche producido (NRC 1996). Las concentraciones mínimas de P recomendadas oscilan entre 0.9 y 2.7 g P/kg de MS, aunque se requieren valores más altos para ovejas y vacas en lactación (CSIRO 2007).

2.7 INGESTA DE FORRAJES Y SELECTIVIDAD DE LA DIETA EN GANADO AL PASTOREO

La ingesta de forraje (nutrientes) en condiciones de pastoreo es una expresión modificada de la ingestión voluntaria y está influenciada por la calidad, la disponibilidad de forraje, forma de cosecha, estrés ambiental y manejo (Huston y Pinchak 1991). El conocimiento del nivel de ingesta y de la calidad de la dieta de los rumiantes que pastan es esencial para mejorar la gestión del rebaño y equilibrar la disponibilidad de forraje con las necesidades de los animales (Decruyenaere *et al.* 2009).

Se ha demostrado que el principal factor que regula la velocidad de consumo de pradera, es el peso promedio de los bocados que el animal pueda cosechar durante el pastoreo; el peso de los bocados es el factor más sensible a las variaciones en la estructura de la pradera, es decir, a los cambios en la altura, la densidad, la composición morfológica y en el contenido de materia seca del forraje (Parga *et al.* 2007). El tamaño de bocados está relacionado con la oferta de forraje ofrecido, a mayor oferta de forraje mayor tamaño de bocado, los tamaños de bocados y el consumo de materia seca en pasto *Panicum maximum*, fueron mayores en las épocas de inicio de lluvias y lluviosas comparado con la época seca (Núñez 2017). Praderas con hojas más altas permiten realizar un pastoreo más profundo, a la vez que posibilitan coleccionar una mayor superficie de pradera con la lengua en cada uno de los bocados recogidos (Parga *et al.* 2007). En pasturas tropicales se encontró que la densidad de la hoja

y la relación hoja/tallo tienen mayor influencia que la altura sobre el peso del bocado (Galli *et al.* 1996).

La selectividad es una estrategia fundamental en la dinámica de consumo de alimento, además es un proceso que determina la dinámica de las plantas en ecosistemas de composición botánica mixta (Tarazona *et al.* 2012). El consumo selectivo de ciertas plantas o de partes específicas de las mismas depende de factores externos e intrínsecos del animal, que modulan el comportamiento de consumo cuando existe diversidad de plantas para ser cosechadas en el hábitat (Tarazona *et al.* 2012). Está bien establecido que los animales que pastan tienen una selección preferencial de hojas verdes tanto en pastos templados como tropicales; la selección de hojas y el comportamiento ingestivo de los animales que pastorean pastos tropicales se ven generalmente afectados por la densidad de las hojas, biomasa total y la altura de la pradera (Lascano 2000). Las características morfológicas del animal determinan en parte el comportamiento de forrajeo y la selección de la dieta y explican en gran medida las diferencias dietéticas entre especies, es así que los caballos y el ganado vacuno pueden tener una mayor capacidad para controlar los pastos de baja calidad mientras que las ovejas prefieren la calidad que la cantidad (Prache *et al.* 1988). Los ovinos son más selectivos que las alpacas, esta selectividad fue mayor para hierbas, gramíneas altas, hojas y material verde; asimismo el consumo de hojas y material verde son mayores en época de lluvias (Quispe 2016).

Las mediciones de la selectividad del animal en los ensayos de pastoreo han servido para los siguientes propósitos: 1) Establecer relaciones entre la materia verde en base seca (MVS) disponible y seleccionada; 2) Explicar las ganancias de peso en épocas secas y lluviosas en pasturas de gramíneas asociadas con leguminosa; 3) Medir el efecto de la fertilización en el consumo de leguminosas por el animal en las pasturas asociadas y 4) Predecir la ganancia de peso de animales que pastorean gramíneas solas o asociadas con leguminosas, midiendo la concentración de nitrógeno en la dieta de los animales fistulados (Tarazona *et al.* 2012).

2.7.1 Factores que afectan la ingesta de forraje

Los bajos niveles de nitrógeno (N) en la dieta es un factor que disminuye el consumo, porque limita la fermentación ruminal, la velocidad de pasaje de la digesta y la tasa de degradación

de la celulosa (Araujo 2005). Las gramíneas tropicales (C4) presentan una menor concentración de proteína bruta y limitan el consumo cuando sus contenidos no sobrepasan el 7 por ciento de la materia seca (Del Pozo *et al.* 2011). El incremento del nivel de fibra detergente neutro (FDN) de un forraje, influye también en la reducción del consumo de materia seca (Canseco *et al.* 2007).

La zona termo neutral para ganado de carne es de 10-25°C, por debajo de esta entra en estrés por frío, la ingesta aumenta en respuesta a la pérdida de calor hasta 25°C, si no se encuentran las limitaciones de llenado, por encima de la zona térmica neutral el estrés se da por calor, la ingesta disminuye en respuesta a la carga por calor (Huston y Pinchak 1991) el exceso de humedad provocado por rociado, lluvia también influye en la reducción temporalmente del consumo en animales, el rumiante muestra un descenso temporal del consumo de 10 al 30 por ciento por las lluvias (Church 1993).

2.8 PLANES DE ALIMENTACIÓN

El planeamiento de la alimentación ayuda a los ganaderos a incrementar la rentabilidad a través de un uso más efectivo del recurso alimenticio. Los planes de alimentación en ganadería al pastoreo comparan los requerimientos alimenticios con la oferta proporcionada por el pasto y el suplemento, las escalas de tiempo para los planes de alimentación varían desde un día a un año o más (Milligan *et al.* 1987). El reto de un plan de pastoreo es que cambiará, ya que el crecimiento del pasto puede no ser lo que se predice o el clima se convierte en un factor. La clave es la flexibilidad y la reacción a las circunstancias, con el objetivo general de mejorar la utilización y el rendimiento de la hierba (Genever y Buckingham 2016). Todo plan abarca la demanda y oferta del alimento, cuando trabajamos en un plan de alimentación es esencial el monitoreo continuo de la producción de pastos y la producción animal, para realizar los ajustes necesarios de las estimaciones predichas (Milligan *et al.* 1987).

La definición de criterios y objetivos del pastoreo no garantiza el éxito del manejo, pero proporciona una base mucho más firme sobre la cual planificar y monitorear los sistemas de pastoreo, y contra la cual evaluar los ajustes de manejo, de lo que es posible con evaluaciones de pastoreo más subjetivas (Hodgson 1989). Los planes de alimentación en ganadería al

pastoreo comprenden tres tipos de planes, los perfiles alimentarios, presupuesto alimentario y plan de pastoreo.

2.8.1 Perfil alimentario

Los perfiles alimentarios comprenden periodos de tiempo de un año a más y son utilizados para tomar decisiones tales como capacidad de carga, época de parición, época de destete, fecha de saca; y establecer, si existe la necesidad de conservar forraje, e implementar un programa de suplementación (Ñaupari y Flores 1996). Se convierten en una herramienta clave para la toma de decisiones en un entorno flexible para la resolución de problemas de los sistemas ganaderos tropicales altamente dependientes de la temporalidad climática (Núñez *et al.* 2019). Los perfiles alimentarios son usados para establecer la capacidad de carga potencial y observar el balance estacional de la demanda de alimento con la oferta de pastos, permite comparar la producción total anual de pastos y el patrón de crecimiento con la demanda alimentaria del sistema (Milligan *et al.* 1987).

Para planificar el uso de los pastizales y definir las cargas animales y presiones de pastoreo apropiadas, es necesario evaluar la cantidad y calidad del forraje disponible a lo largo de las variaciones estacionales, los parámetros que se suelen medir son la biomasa, la altura del dosel y la composición morfológica y química del forraje (Boval y Dixon 2012). Las variaciones en la capacidad de carga, la estrategia de pastoreo y otras prácticas de manejo proporcionan medios alternativos de control de las condiciones de los pastos, que son los principales determinantes del rendimiento de los pastos y los animales (Hodgson 1989), el número de animales, y más específicamente la ingesta diaria de materia seca (DMI) de los rebaños de animales gestionados, debe regularse para cosechar la producción de forraje del año actual sin dañar el crecimiento y la calidad futura (White y Troxel 1995).

2.8.2 Presupuesto alimentario

Los presupuestos alimentarios abarcan periodos no mayores de seis meses y permiten establecer un balance entre la demanda y la oferta de forraje para una situación existente. Estos involucran decisiones acerca de cuál debería ser la manera más económica de usar los excedentes o compensar las deficiencias de forraje para una época determinada del año (Ñaupari y Flores 1996). Un presupuesto alimentario es esencial para ver si es probable que haya suficiente hierba para satisfacer las necesidades de la población durante un largo

período de tiempo. Se trata de calcular cuánta hierba necesita el grupo de animales y cuánta hierba crecerá en el área asignada para el pastoreo, para esto es necesario conocer el peso del ganado (kg), asignación de pastos, superficie de pastoreo para el grupo (ha), cobertura inicial del pasto (kg MS/ha) y tasa de crecimiento diario estimada (kg MS/ha) por día, días de pastoreo anticipados y cobertura objetivo al final del periodo de pastoreo (Genever y Buckingham 2016). El balance anual de la oferta y demanda de pasto permite distinguir claramente en que época del año existe un periodo de excedente y déficit de pasto. El cual conlleva a incrementar la carga en los meses de abundancia, y bajar la carga o suplementar en los meses de déficit; a fin de realizar una mejor planificación de la alimentación (Avalos y Flores 2015).

2.8.3 Plan de pastoreo

Los planes de pastoreo abarcan decisiones de muy corto plazo y están referidas a cuánto tiempo uno o varios hatos deberían pastorear un potrero o un conjunto de potreros, en consecuencia, ayudan a establecer la intensidad y duración de las rotaciones. (Milligan *et al.* 1987). Uno de los objetivos de un buen manejo de pastoreo es utilizar una alta proporción del forraje producido y al mismo tiempo lograr el máximo consumo de nutrientes por animal. En general, estos dos objetivos son antagónicos, por lo que un adecuado método de pastoreo debe generar un compromiso entre el consumo individual y la eficiencia de utilización de la pradera (Anwandter *et al.* 2007).

La clave para mantener una vegetación vigorosa es evitar el sobrepastoreo. Las plantas forrajeras se recuperarán del pastoreo sin agotar las reservas de raíces sólo si queda una superficie foliar adecuada para satisfacer las necesidades alimentarias de la planta (Blanchet *et al.* 2003). Un plan de pastoreo ayuda a tomar la decisión de cuantos días deben de pastorear un hato ganadero en un potrero garantizando que los ganados ingieran la cantidad de materia seca necesaria para alcanzar el objetivo de producción (Milligan *et al.* 1987); permite desarrollar al máximo el potencial productivo de los animales, beneficiando la productividad y persistencia de la pradera, asegurando el mayor retorno económico del sistema pecuario (Canseco *et al.* 2007).

2.9 SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES

Un sistema de soporte de decisiones (SSD) es un sistema interactivo provisto de programas y herramientas, para ayudar a los responsables de la toma de decisiones a utilizar tecnologías de comunicaciones, datos, documentos, conocimiento y/o modelos para identificar y resolver problemas, para completar tareas del proceso de decisión, y para tomar decisiones (Cobos *et al.* 2008). Está conformado por base de datos y procesos de cálculos que generan salidas o resultados orientados a la toma de decisiones, la planificación de la actividad agropecuaria exige la articulación de numerosos datos (clima, genética, fertilización, agroquímicos, etc.), estos sistemas proporcionan resultados en distintos niveles de la actividad (margen económico, rentabilidad, impacto ambiental, etc.) (Feiguin *et al.* 2018). Los SSD tiene como finalidad apoyar a la toma de decisiones mediante la generación y evaluación sistemática de diferentes alternativas o escenarios de decisión mediante el empleo de modelos y herramientas computacionales (Cohen y Asín 2000).

La complejidad de los sistemas pastoriles justifica la necesidad de construir sistemas dinámicos de apoyo a la toma de decisiones (SSD) basados en técnicas de simulación y optimización para representar los diferentes componentes y las principales interacciones, por ejemplo, en el manejo sostenible del pastoreo se contempla oferta de forraje adecuado, crecimiento y persistencia de la planta, mantenimiento de la fertilidad del suelo y composición botánica deseable. En el manejo sostenible de las granjas se considera mejora de la productividad sostenible, minimizar los impactos adversos sobre el ecosistema, minimizar los residuos de los insumos químicos, maximizar los beneficios socioeconómicos netos y un sistema flexible para minimizar el riesgo (Otaiku 2018).

Los SSD, en sistemas ganaderos basados en producción de leche al pastoreo permitió obtener información detallada del registro general, componente productivo, componente reproductivo, componente sanitario, componente pastizal y componente económico facilitando la toma de decisiones a los ganaderos (Ramírez 2017). Asimismo, los modelos de simulación permiten predecir producción de leche de rebaño, carga animal, rendimiento de pastura y producción anual de pastura, consumo total de forraje y concentrado y peso final por categoría animal estimada, en vacas lecheras que pastorean alfalfa (Zegarra *et al.* 2002). En ganadería se han desarrollado diferentes programas que ayudan al ganadero a la toma de decisiones, el SSD Graz feed es un programa de computadora con el principal

propósito de ayudar al usuario a evaluar una pastura específica para una determinada clase de animal en un punto en el tiempo, predice la ingesta de energía y proteína, pastoreo selectivo por asignación y sustitución por alimento suplementario y estima el uso de las dietas para mantenimiento y producción para los estándares de alimentación actuales, el usuario debe de ingresar datos en el menú principal de pastura, clima, suplemento, rebaño, animales (Freer *et al.* 1996).

Los planes de alimentación están basados sobre predicción de futuros cambios en la oferta y demanda de alimentos, el monitoreo regular de la producción es esencial para hacer ajustes en el manejo de la planeación del pastoreo. La tasa de crecimiento del pasto es uno de los componentes claves en los planes de alimentación, el monitoreo de factores como temperatura y humedad del suelo pueden ser usados en predicciones futuras del crecimiento de las pasturas a través de modelos de computadora, el plan alimentario puede ser formulado sobre las bases de alta y baja producción de pasturas, generando opciones de manejo para cada situación (Milligan *et al.* 1987).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EXPERIMENTAL

El presente estudio se realizó en el Fundo “Carolina” perteneciente a la Asociación de Productores Agroecológicos Alto Navarra (APAN), ubicado en el distrito de Huancabamba, Provincia de Oxapampa, departamento de Pasco. El fundo abarca un área total de 79 has (Figura 1), de los cuales 29 has comprende potreros de pasto Setaria (*Setaria sphacelata*), 7 has son áreas de cultivos y 42 has está cubierto de bosques; el área de pastoreo está dividida en 11 potreros de 2.2 a 3.6 has, con un periodo de reposo promedio de 45 días y una carga actual de 1.1 UA/ha.

Esta unidad de producción se encuentra a una altitud de 2192 msnm, con coordenadas UTM. L0451972, 8844408; clasificado según Holdridge (2000) Bosque Húmedo – Montano Bajo Tropical (bh-MBT), donde la temperatura media ambiental es de 17.8 °C y una humedad relativa promedio de 86.6 por ciento con una precipitación anual de 1720.8 mm (SENAMHI 2018). Las características físico-químicas del suelo (Anexo 2) indican una textura de Franco Arenoso (Fr. A), fuertemente ácido (pH=4.75), altos en Materia orgánica (7.5%) y poseen una baja disponibilidad de fósforo (2.4 ppm) y potasio (74 ppm) asimismo la capacidad de intercambio catiónico es alta (CIC = 16.9) y la acidez intercambiable ($Al^{+3} + H^{+} = 0.55$) indica una posible toxicidad por Aluminio.

La actividad ganadera que se desarrolla es el levante y engorde de toretes, que consiste en la compra de toretes con un peso promedio de 270 Kg. PVi, al ingresar a las praderas estos animales son vacunados para carbunco sintomático, desparasitados y vitaminados, además se proporciona un suplemento en potrero de sales mineralizadas (sal común más sal mineral) en una proporción 3:1. Los animales son manejados en un sistema de pastoreo rotativo sobre praderas de setaria hasta alcanzar un peso por encima de 460 Kg.PVi. donde se realiza la saca de los toretes y la venta se realiza a compradores intermediarios o al Matadero Frigorífico Industrial Oxapampa S.A.

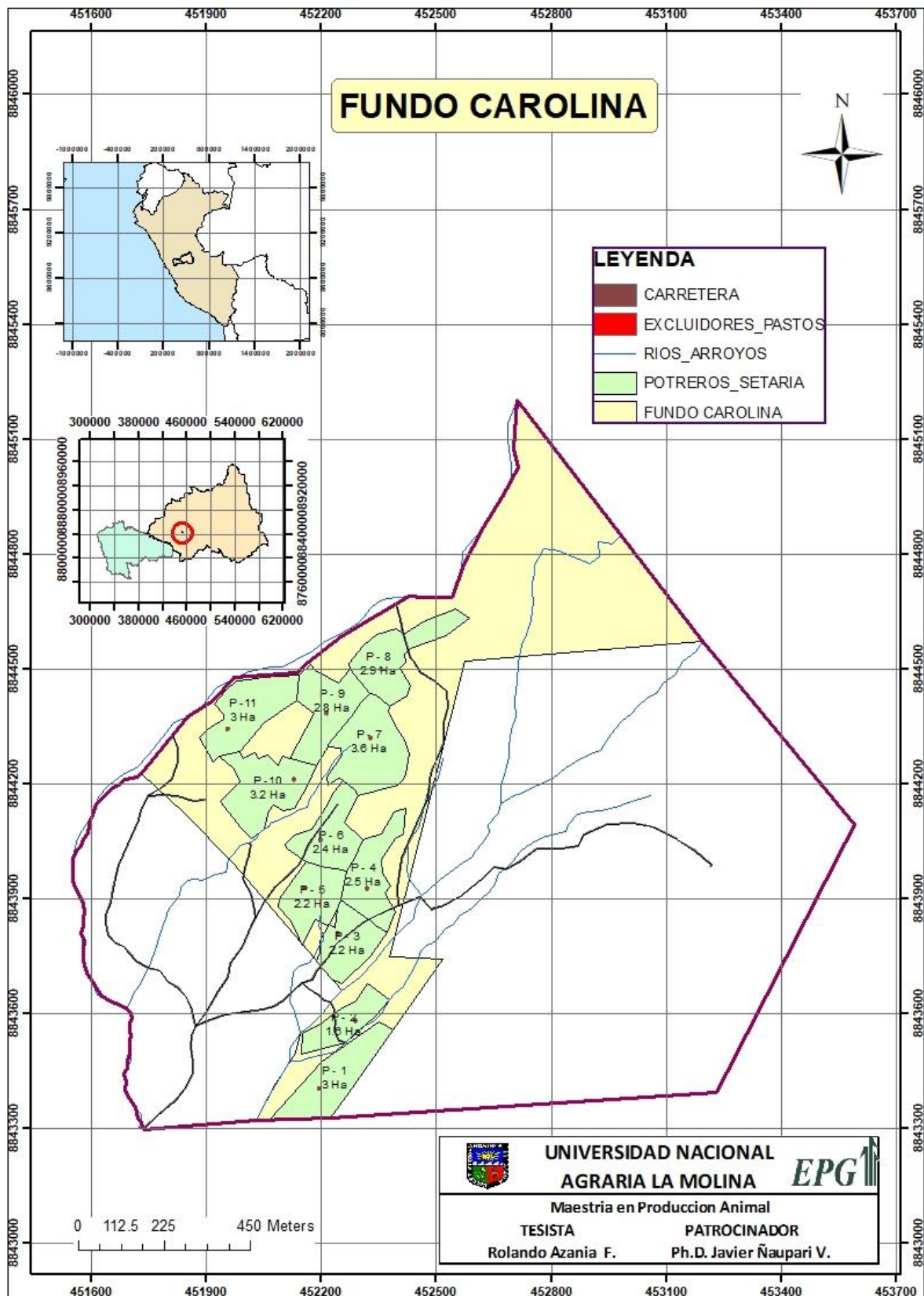


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

3.2 DURACIÓN

La etapa experimental del estudio comprendió desde junio del 2019 hasta marzo del 2020, un periodo que abarca la época seca (julio-septiembre), inicio de lluvias (octubre-diciembre) y lluviosa (enero-marzo), las mediciones de las variables se realizaron cada 45 días.

3.3 OFERTA DE FORRAJE

3.3.1 Tasa de crecimiento y disponibilidad de pasto

Para la determinación del crecimiento del forraje se instaló 11 excluidores de 6.25 m², distribuidos en las zonas más representativas de cada potrero de estudio. Los cuadrantes estudiados fueron de 1 x 0.5 metros, estos se cambiaron de posición dentro de cada excluidor y en cada corte para evitar el probable efecto del corte sucesivo en la misma área, sobre la verdadera expresión de la tasa de crecimiento del forraje (Ñaupari 2000). El corte del pasto se realizó cada 45 días, las muestras colectadas dentro de cada cuadrante se identificaron y se llevaron al Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales (LEUP) de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), donde fueron colocados en una estufa a 60 °C por un tiempo de 48 horas, posteriormente se determinó la materia seca (AOAC 1990). El valor del pasto seco en gramos se multiplicó por el factor de 20, para calcular el crecimiento logrado en kilogramos por hectárea, y luego fue dividido entre el número de días transcurridos entre corte y corte, esto permitió expresar la tasa de crecimiento en kilogramos de forraje seco por hectárea y día (Kg MS/ha/d).

La disponibilidad de pasto se midió utilizando el método de corte y separación manual por especies y partes (ASRM 1962), el cual consistió en cortar al ras el material forrajero, separando el material senescente y partículas de suelo. Se midieron 10 cuadrantes representativos en un potrero previo a la entrada de los toretes a pastorear. Las muestras colectadas se enviaron al LEUP de la UNALM para la determinación de la materia seca utilizando una estufa a 60 °C por un tiempo de 48 horas (AOAC 1990), la disponibilidad se expresó en kg MS/ha.

3.3.2 Temperatura y Humedad del suelo

La medición de la temperatura del suelo se realizó dentro de cada excluidor en los puntos medios de cada lado, se introdujo un geotermómetro a 15 cm de profundidad y se registraron

los valores observados, el horario de evaluación fue de 8:00 a 10:00 am, por presentarse pocas variaciones en la temperatura del medio ambiente.

Para determinar la humedad del suelo se utilizó el método gravimétrico, los muestreos se realizaron en los puntos medios de cada lado dentro de cada excluidor, introduciendo en el suelo un cilindro metálico hasta 15 cm de profundidad, estas muestras colectadas se identificaron y se colocaron en envases herméticos, posteriormente se llevaron al LEUP donde se determinó el contenido de humedad utilizando una estufa a 105 °C por un tiempo de 24 horas (Reynolds 1970).

3.3.3 Precipitación

La medición de la precipitación mensual se realizó mediante pluviómetros construidos de envases de plástico descartables de 3 litros de capacidad, se marcó la medida en centímetros en la parte lateral de las botellas para facilitar el registro de datos; para evitar la evaporación de agua acumulada se vertió 50ml de aceite lubricante de motores (Keith *et al.* 1994), se construyeron 4 pluviómetros los cuales se ubicaron dentro del área de las praderas a una altura de dos metros sobre una caja de madera estable.

Las mediciones se realizaron a fines de mes, se midió la altura del volumen de agua acumulado, se tuvo en cuenta el radio de la botella y se determinó el volumen de agua colectado en mililitros (ml), para estimar la precipitación en milímetros de agua (mm) se utilizó la fórmula especificada por (Keith *et al.* 1994).

$$PPT = \frac{ppt (ml)}{(3.1416) \times (0.001) \times (radio \text{ mm})^2} \dots\dots\dots (ecuación 5)$$

Donde PPT: precipitación en milímetros; ppt(ml): precipitación colectada en mililitros; radio mm: radio del pluviómetro en milímetros.

Por otro lado, las mediciones de temperatura ambiental y humedad relativa se realizaron en las tres épocas de estudio y se midió cada 6 horas durante 24 horas, el equipo de medición utilizado fue un termohigrómetro digital.

3.4 DEMANDA DE FORRAJE

3.4.1 Animales experimentales

Se utilizaron 4 toretes con un promedio de 251.7 Kg. PVi, los cuales fueron identificados con números de 01 al 04 en los aretes respectivos, los toretes fueron animales de cruce Brown Swiss con ganado cruzados (Brahmán x Criollo), caracterizados por ser animales dóciles, el cual facilitó el manejo durante el experimento, al inicio del estudio se desparasitaron los toretes con Ivermectina (1.5 por ciento), y durante el experimento se suplemento con sal común y mineral (Rocsalfos) en una proporción 3:1 respectivamente.

3.4.2 Estimación de peso vivo (PVi) y ganancia de peso diario (GPD)

Las mediciones de los animales se realizaron cada 45 días durante todo el periodo de evaluación; con una cinta métrica y un hipómetro se midió la circunferencia del pecho, longitud corporal, altura de cruz, altura y ancho de grupa, estos valores sirvieron para estimar el peso vivo del animal mediante la ecuación establecida para ganados cruzados reportado por Ozkaya y Bozkurt (2009):

$$PVi = - 1068 + 2.80 LC + 1.76 AC + 5.02 CP \dots\dots\dots(\text{ecuación } 6)$$

Donde PVi: peso vivo (Kg) ; LC: Longitud corporal (cm); AC: Altura de cruz (cm); CP: Circunferencia del pecho (cm).

Las ganancias de peso diario se estimaron cada 45 días restando el ultimo peso estimado menos el peso evaluado anteriormente, y se dividió entre los días transcurridos entre cada medición.

3.4.3 Colección de muestras y análisis de las muestras

Las dietas de los toretes se obtuvieron por simulación manual, el cual consiste en observar el pastoreo individual de cada animal por 2-3 horas cerca del área de pastoreo, posteriormente se colecto muestras manuales representativas del forraje consumido por el animal (Austin *et al.* 1983). Las dietas fueron colectadas en las mañanas y tardes en los dos días de evaluación, cada 45 días, la cantidad muestreada fue de 1kg aproximadamente.

Las dietas colectadas se llevaron al LEUP, donde fueron secados en la estufa a 60°C por 48 horas, posteriormente se remitió al Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) para la molienda y el análisis de digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) por el método Tilley y Terry (1963), asimismo para el análisis de proteína cruda (PC) se utilizó el método Semi-Micro Kjeldahl (AOAC 2001); en total se analizaron 24 muestras durante el periodo de evaluación.

Para estimar la energía metabolizable del forraje en MJ EM/Kg MS, se utilizó la ecuación descrita por (Maff 1975 citado por Minson 1990; AFRC 1993 citado por CSIRO 2007):

$$\text{EM} = 0.16 \times \text{DIVMO} \dots\dots\dots (\text{ecuación } 7)$$

Donde:

DIVMO = Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica.

Los datos de los análisis mencionados se establecieron como variables de la calidad del pasto ofrecido durante los periodos que abarcaron las tres épocas de estudio y permitieron verificar si se cubrían los requerimientos de energía y proteína de los toretes.

3.4.4 Estimación del requerimiento energético

Los requerimientos de los toretes se expresaron en MJ EM/torete/día para los diferentes periodos de estudio, para esta estimación se tomó en cuenta el peso vivo del animal (Kg), ganancia de peso vivo (kg/día), asimismo la eficiencia de la utilización de la energía metabolizable para ganancia (kg) obtenida con ganados cruzados y sobre praderas tropicales.

El requerimiento de energía metabolizable para mantenimiento se estimó mediante la ecuación dada por Porto *et al.* (2012), para ganados en pastoreo.

$$\text{EMm} = 125 \text{ Kcal} \times \text{Peso corporal}^{0.75} \dots\dots\dots (\text{ecuación } 8)$$

Para estimar el requerimiento de energía neta ganancia (ENg) se utilizó la ecuación dada por Porto *et al.* (2012), para novillos cruzados en crecimiento.

$$\text{ENg (Mcal)} = 0.0414\text{PVi}^{0.75}(\text{GDP})^{1.3034} \dots\dots\dots(\text{ecuación 9})$$

Donde PVi es el peso vivo del torete y GDP es la ganancia diaria de peso (Kg/día) obtenido en las mediciones de cada periodo; la estimación de la energía metabolizable para ganancia (EMg), se obtuvo del cociente de la energía neta ganancia (ENg) entre la eficiencia de la utilización de la energía metabolizable para ganancia (*kg*) que es 0.24 estimada para condiciones tropicales (Porto *et al.* 2012):

$$\text{EMg} = \text{ENg} / \text{kg}$$

Finalmente se sumó la energía metabolizable para mantenimiento (EMm) y ganancia (EMg), se transformó a (MJ) multiplicando **Mcal** por el factor 4.184.

3.4.5 Estimación del requerimiento proteico

El requerimiento proteico de los toretes se estimó en base a la ganancia de peso y el peso vivo de los animales mediante la ecuación propuesta para ganados Brahmán cruzados (WTSR 2010):

$$\text{PC} = 0.59*\text{GDP} + (\text{W}^{0.75})*5.47 \dots\dots\dots(\text{ecuación 10})$$

Donde:

PC: Proteína cruda (gr), GDP: Ganancia diario de peso (gr) y W: Peso del animal (kg)

La estimación de los requerimientos se realizó durante todo el periodo de estudio.

3.4.6 Estimación de la ingesta de forraje

La estimación de la ingesta de forraje diario de los toretes en campo se realizó mediante el método del comportamiento animal (Mejía *et al.* 2017; Núñez 2017), el cual consiste en medir tres variables que son el numero de bocados, tamaño de bocados y tiempo de pastoreo. La ingesta se expresó en Kg de MS/día/torete, con la formula siguiente:

$$\text{IMS} = \text{Nb} \times \text{Tb} \times \text{Tp} \dots\dots\dots(\text{ecuación 11})$$

Donde:

IMS: Ingesta de materia seca (g/día), Nb: Número de bocados (bocados/minuto), Tb: Tamaño de bocados (g/bocado), Tp: Tiempo de pastoreo (minutos/día).

El muestreo de los tamaños de bocados se realizó en las mañanas y en las tardes durante dos días, en las horas de mayor pastoreo, se colecto muestras de bocados similares a los que los toretes consumían, el número de muestras en total fue de 80 por evaluación. Asimismo, se contó el número de bocados por minuto que realiza cada torete, utilizando los sentidos de la vista y de la audición que se genera cuando al animal cosecha el forraje (Núñez 2017). Las muestras colectadas de los bocados se llevaron al LEUP para determinar la materia seca correspondiente (AOAC 1990).

El tiempo de pastoreo de los novillos se estimó registrando las actividades del animal cada 5 minutos durante 48 horas y en cada época de evaluación, posteriormente se calculó el tiempo de pastoreo en minutos día.

3.4.7 Selectividad de la dieta

Las muestras colectadas por simulación manual de las dietas de cada torete se utilizaron para determinar la proporción de hojas, tallos, material verde y seco, mediante la técnica de macroscopia de puntos que consistió en esparcir la muestra sobre un tablero, dividido y enumerado en 100 cuadrículas, con una línea cruz en la parte central de cada uno, se contabilizaron 100 observaciones, por cada muestra, con los datos se determinó las proporciones en porcentajes (Harker *et al.* 1964; Quispe 2016; Nuñez 2017).

3.5 PERFIL ALIMENTARIO

El perfil alimentario consistió en hacer un balance entre la oferta del forraje y la demanda de los toretes durante el periodo de estudio (Milligan *et al.* 1987). La producción total promedio del forraje durante todo el periodo de estudio (Kg MS/ha/periodo) se basó en el patrón de la tasa de crecimiento del forraje (Kg MS/ha/día) evaluadas cada 45 días; el crecimiento diario fue multiplicada por el número de días (45d) luego se realizó el sumatorio total resultando en la producción de forraje durante el periodo de evaluación.

El requerimiento de materia seca de los toretes (kg MS/45días), se obtuvo por el método descrito por Pratt y Rasmussen (2001), donde el peso promedio de los toretes se multiplica por el factor 0.02667, el resultado indica el consumo diario del animal en kilogramos de materia seca, seguidamente se multiplica por 45 días.

La carga animal propuesta (toretos/ha) se obtuvo dividiendo la oferta de materia seca en el periodo de menor oferta forrajera (época seca) (Kg MS/ha/45días), entre la cantidad de forraje que los requerido durante 45 días por los toretes (Meehan *et al.* 2016), el promedio de las dos cargas animales estimadas en la época seca se utilizó en el perfil alimentario (Cuadro 7).

Los requerimientos de energía metabolizable, MJ EM/torete día; y el valor energético del forraje MJ EM/Kg MS, se fueron calculando cada 45 días durante todo el periodo de estudio. La asignación diaria de pasto (Kg MS/torete) es el cociente del requerimiento energético de los toretes sobre el valor energético del forraje. La demanda del hato diario (Kg MS/ha) se estimó multiplicando la carga animal propuesta por la asignación diaria de pasto (Milligan *et al.* 1987; Flores *et al.* 2009).

El cambio en la disponibilidad del forraje se estimó restando la tasa de crecimiento diario del forraje menos la demanda diaria del hato, y luego se multiplica por 45. La disponibilidad al inicio de la época es la producción de forraje obtenido el 30 de junio que fue de 1212 Kg.MS/ha (Milligan *et al.* 1987; Flores *et al.* 2009).

La disponibilidad más crecimiento resulta de la sumatoria de las tasas de crecimiento diario más la disponibilidad del inicio de época. La disponibilidad al final de la época se calculó sumando o restando el cambio de disponibilidad a la disponibilidad inicial (Milligan *et al.* 1987; Flores *et al.* 2009).

El porcentaje de utilización se estimó con la formula utilizada por (Flores *et al.* 2009; Nuñez *et al.* 2019):

$$\frac{(\text{Disponibilidad más crecimiento}) \times (\text{disponibilidad al final de mes}) \times 100}{(\text{Disponibilidad más crecimiento})}$$

El porcentaje de utilización obtenido en campo se determinó mediante el método de los cuadrantes pareados (ASRM 1962), que consistió en determinar la biomasa del potrero antes y después del pastoreo, utilizando un total de 20 cuadrantes de 0.5m²; las muestras fueron llevados al LEUP, para su posterior secado a 105 °C por un periodo de 24 horas, se estimó la disponibilidad inicial y el remanente residual en Kg MS/ha, luego se calculó la utilización de la pradera mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Porcentaje de uso} = \frac{\text{Disponibilidad pre pastoreo} - \text{Residual}}{\text{Disponibilidad pre pastoreo}} \times 100$$

3.6 PRESUPUESTO ALIMENTARIO

La elaboración del presupuesto alimentario consistió en hacer un balance forrajero entre la demanda de los toretes y la oferta del forraje disponible obtenida en el perfil alimentario (Milligan *et al.* 1987). El excedente de forraje para un periodo determinado estuvo integrado por la disponibilidad inicial, la tasa de crecimiento y el forraje residual. La disponibilidad inicial (Kg MS/ha) corresponde al residual a inicios de lluvia. El crecimiento (Kg MS/ha/periodo) se calculó considerando el valor de la tasa de crecimiento diario (Kg MS/ha/día) y el número de días correspondientes al periodo de descanso de la pastura (45 días); a la sumatoria de la disponibilidad inicial y el crecimiento dentro del periodo se le resto el forraje residual (Kg MS/ha) estimado como 50 por ciento de la sumatoria anterior. La demanda forrajera de los toretes para el periodo (Kg MS/ha/periodo) se obtuvo mediante las sumatorias del resultado de la carga animal propuesta por la asignación de forraje de los toretes (Kg MS/torete/periodo), asimismo el balance final es el resultado de la oferta menos la demanda forrajera. El excedente de forraje permitió tomar una decisión de aumentar más toretes durante la época inicio de Lluvia, Lluviosa (135 días), el peso promedio inicial de los toretes es de 349.5 kg de peso vivo. Se consideró además que el consumo de los toretes (Kg MS/día) tiende a incrementarse en el tiempo así que se fue incrementando paulatinamente, el excedente de forraje se dividió entre la demanda de un torete (Kg MS/periodo) y se obtuvo la carga animal (toretos/ha), seguidamente la carga animal se multiplico por el área de la pradera (ha) y permitió conocer el número de toretes que podrían entrar a pastorear en la época de inicio de lluvias y lluviosa.

3.7 PLAN DE PASTOREO

El plan de pastoreo del hato de toretes se planteó mediante el método residual ya que es el más aceptado por los trabajadores de campo y permite determinar cuántos días deben pastorear un determinado hato de ganados en un potrero (Milligan *et al.* 1987). La cantidad de forraje residual asignada para garantizar un rebrote vigoroso y no dañar el ecosistema de pradera es de 1550 Kg. MS/ha. Asimismo, el número de toretes que conforman el hato ganadero se calculó multiplicando la carga animal propuesta (toretas/ha) por el área total de la pradera (29.3 has).

Los datos de disponibilidad de pasto, tasa de crecimiento y asignación de forraje para la época seca se tomaron del perfil alimentario (Cuadro 8); el número de días de permanencia en cada potrero se estimó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Número de días} = \text{Forraje Utilizable/Demanda}$$

Forraje utilizable = (Disponibilidad + Crecimiento – Residual)

Demanda = (Número de animales x Consumo de forrajes) (Milligan *et al.* 1987).

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis ganancia de peso vivo diario se realizó un análisis de covarianza para el Diseño Completo Randomizado (Calzada 1982), en donde los tratamientos son las diferentes épocas de precipitación, y las covariables fueron edad y peso de los toretes, el modelo aditivo lineal propuesto es.

$$Y_{ij} = \mu + E_i + B(X_{ij} - \bar{X}_{..}) + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado de ganancia de peso diario obtenido en la i-esima Época de precipitación en el j-esimo torete.

μ = Efecto de la media general

E_i = Efecto de la i-esima Época (época seca, Inicio de lluvias y Lluviosa)

- B** = Coeficiente de regresión lineal de la ganancia de peso explicado por el peso y edad de los toretes.
- X_{ij}** = Peso vivo y edad de los toretes correspondiente a la i-esima época y al j-esimo torete
- $\bar{X}_{..}$** = Promedio del peso y edad de los toretes
- e_{ij}** = Efecto del error experimental

Para el análisis de la tasa de crecimiento, disponibilidad de forraje, temperatura de suelo, humedad de suelo, ingesta de materia seca, valor nutritivo de la dieta, peso vivo y ganancia de peso, selectividad de dieta, porcentaje de uso de la pradera, se utilizó un Diseño Completo Randomizado (Calzada 1982), donde los tratamientos son las diferentes épocas de precipitación y el modelo aditivo lineal establecido es lo siguiente:

$$Y_{ij} = \mathbf{u} + \mathbf{E}_i + \mathbf{e}_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación de la i-esima Época en la j-esimo repetición de la variable respuesta (tasa de crecimiento, disponibilidad de forraje, temperatura de suelo, humedad de suelo, ingesta de materia seca, valor nutritivo de la dieta, peso vivo y ganancia de peso, selectividad de dieta, porcentaje de uso de la pradera).

- u** = Promedio general
- E_i** = Efecto de la i-esima Época (Época seca, Inicio de lluvia, Lluviosa)
- e_{ij}** = Error experimental

Para la evaluación de comparaciones individuales de los efectos se utilizó una prueba de media Duncan o Diferencia límite significativa (DLS), según corresponda a un nivel de significancia ($p < 0.05$) recomendado por (García *et al.* 2001; Einot y Gabriel 1975).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

4.1.1 Tasa de crecimiento

El crecimiento diario de la pradera registró cambios significativos ($p < 0.05$) en las diferentes épocas de estudio, el mayor crecimiento ocurrió a inicio de la época lluviosa con 28.18 Kg MS/día, asimismo la menor tasa de crecimiento se presenta a finales de la época seca con 11.3 Kg MS/día (Figura 2).

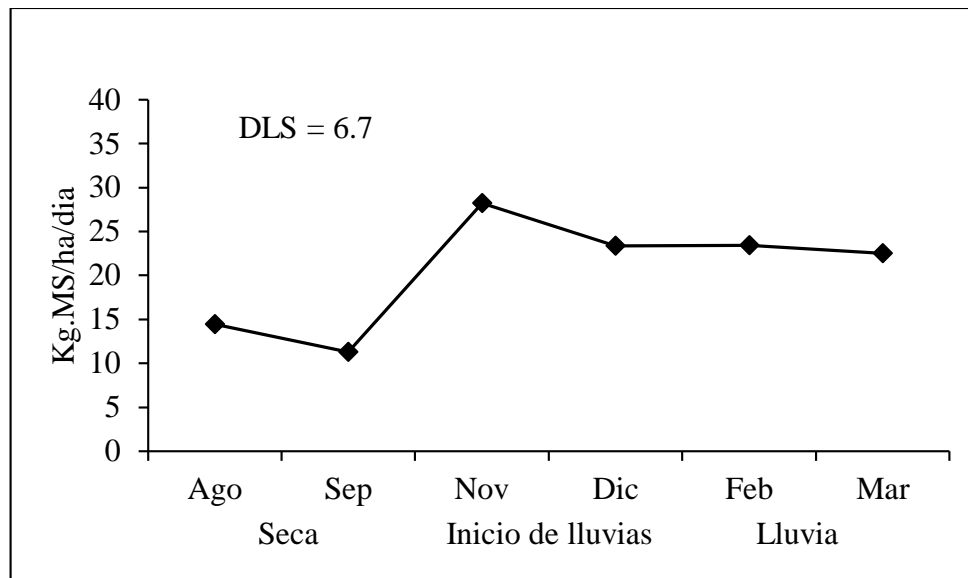


Figura 2. Variación del crecimiento del pasto en las diferentes épocas

El mayor crecimiento está asociado con las épocas de lluvias, similares tendencias de crecimiento se reportan en *Panicum maximum* Jacq, en trópico por Nuñez *et al.* (2018); y en asociaciones de rye grass trébol en condiciones alto andinas (Ñaupari 2000); la humedad del suelo en la época lluviosa incrementaron de 30 a 115 por ciento las tasas de crecimiento de los pastos *Paspalum notatum*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria hibrida* en condiciones tropicales (Muñoz *et al.* 2016).

Las producciones en las épocas lluviosas superan a los reportados por Rivera (2015) quien registra tasa de crecimientos de 18.87 Kg MS/ha/día del pasto *Setaria sphacelata*. Asimismo, las tasas de crecimiento de cuatro variedades de *Setaria sphacelata* registraron 41, 30.2, 30 y 35.2 Kg MS/ha/día para la variedad Splendida, Nandi, Narok y Kazungula, a lo largo de 3 años en praderas fertilizadas (Hacker y Evans 1992) valores superiores a los obtenidos en este estudio.

El menor crecimiento dado en la época seca corresponde a la baja disponibilidad de agua para las plantas lo que limita su crecimiento (Muñoz *et al.* 2016). Al aumentar la humedad del suelo hay un menor cambio en la temperatura del suelo en el día y la noche, protegiendo el sistema radicular de la planta, esto influye en el crecimiento y la mayor producción de la planta (Al-Kayssi 1990).

El incremento de la tasa de crecimiento se da en la época de primavera, coincidiendo con el desarrollo reproductivo, en este periodo varios cambios en la fisiología de los pastos ocurren resultando en altas tasas de producción de forrajes (Korte *et al.* 1987). La máxima tasa de crecimiento y producción de materia seca se obtiene cuando la pradera alcanza el índice de área foliar (IAF) óptimo, la aparición de hojas está positivamente relacionada a la temperatura y la radiación solar a la cual la planta está expuesta (Balocchi *et al.* 2007). La inducción floral ocurre en respuesta a un estímulo foto periódico (es decir, la duración del día) después de un período de crecimiento juvenil suficiente. En el momento de la inducción floral, tanto los primordios foliares como los brotes axilares se diferencian rápidamente produciendo una doble aparición de cresta en el meristemo apical (Briske 1991; Hay 1990).

4.1.2 Disponibilidad de forraje

La biomasa disponible de pastos presenta diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la época seca y las épocas lluviosas, el valor más alto se presentó a inicios de la época lluviosa con 2857.3 Kg MS/ha, mientras que el menor valor se presentó a fines época seca con 1744.5Kg MS/ha (Figura 3).

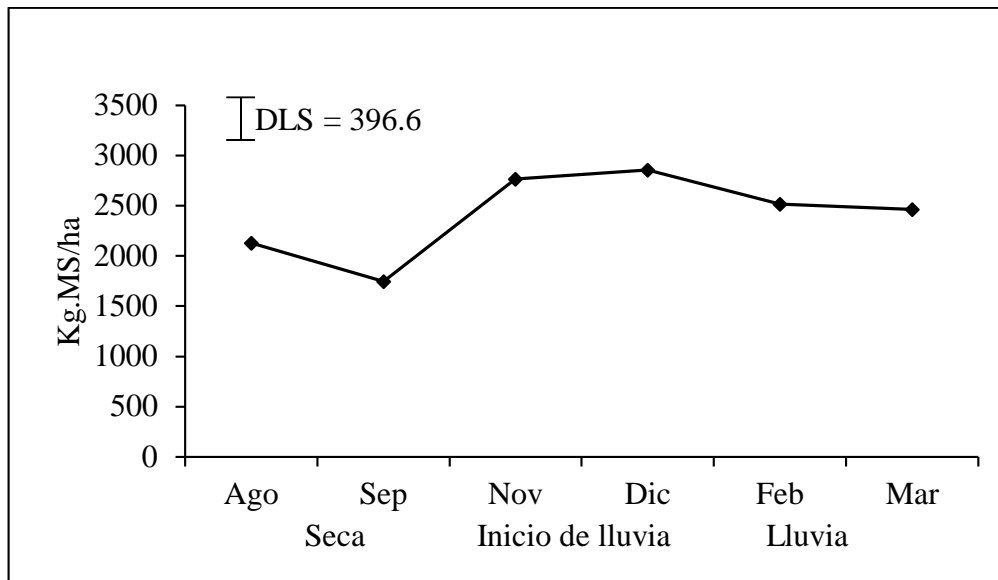


Figura 3. Variación de la disponibilidad de forraje en las diferentes épocas

Con el inicio de las lluvias se percibe un incremento en la tasa de crecimiento de la pradera resultando en una mayor disponibilidad de biomasa y nutrientes; los días largos presentes en esta época influyen en el incremento en el área foliar por consiguiente una acumulación mayor de materia seca, el incremento de la fotosíntesis se da por la mayor cantidad de clorofila presentes en la hoja (Adams y Langton 2005).

La disponibilidad del pasto varía entre las variedades del pasto *Setaria sphacelata*, Hacker y Evans (1992) reportan producciones de 5.28, 3.4, 4.45, 4.45 TM/MS/ha para la variedad Splendida, Nandi, Narok y Kazungula en un periodo de rebrote de 5 semanas bajo fertilización; por otra parte, Stobbs y Sandland (1972) registran producciones de 2580, 2595 y 2365 Kg MS/ha para *Digitaria decumbens*, *Chloris gayana* cv. Pioneer y *Setaria sphacelata* cv. Kazungula con un periodo de rebrote de 3 a 4 semanas, valores cercanos al promedio obtenido en este estudio (2411.5 Kg MS/ha).

La estacionalidad influye en un 60 por ciento en la variación de la producción de materia seca en condiciones templadas (Demagnet *et al.* 2015), las precipitaciones, la humedad del suelo influyeron en mayores tasas de crecimiento y mayor acumulación de forraje (Ramírez *et al.* 2009), las bajas producciones de materia seca se debe al estrés por sequía y calor lo que provoca un estrés oxidativo conduciendo a la inhibición de los procesos de fotosíntesis

y respiración afectando el crecimiento de la planta (Muñoz *et al.* 2016). Conocer la disponibilidad de forraje de la pradera, permite tomar mejores decisiones con respecto al manejo tanto de la pradera como de los animales, ya que es posible cuantificar y evaluar las variables que influyen directamente en el proceso del pastoreo (Canseco *et al.* 2007).

4.1.3 Temperatura y humedad del suelo

La variación de la temperatura del suelo de la pradera es muy significativa ($p < 0.01$), los valores más altos 17.9 y 17.8°C se registraron a fines de la época seca y a inicios de la época lluviosa, asimismo el valor más bajo se reportó a inicios de la época seca 16.3°C, como se muestra (Figura 4). Asimismo, la humedad del suelo de la pradera presenta variaciones altamente significativas ($p < 0.01$) en las diferentes épocas de estudio, el valor más alto se registra en la época lluviosa con 67.43 por ciento, mientras que el menor valor se registró en la época seca con 35.3 por ciento (Figura 4).

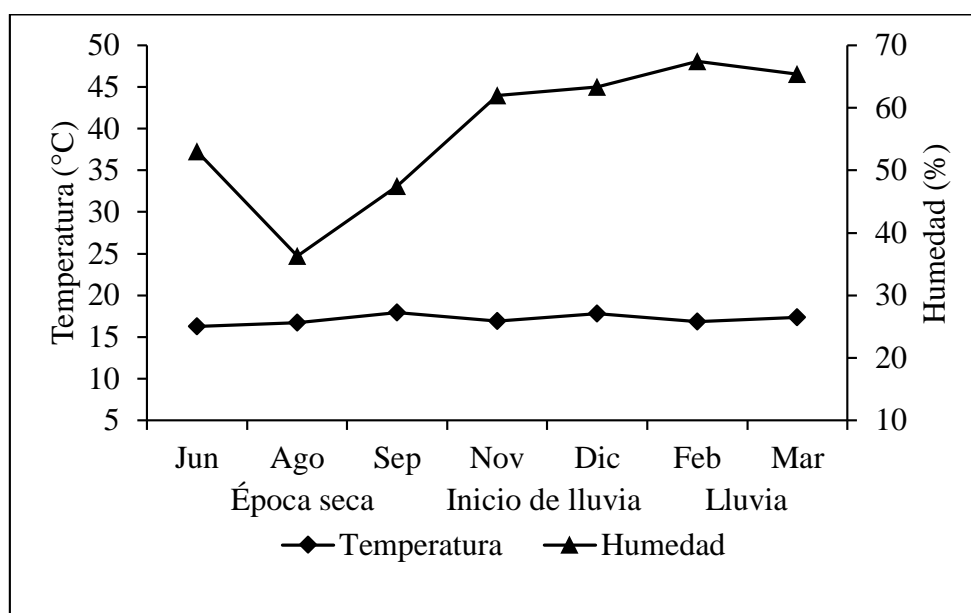


Figura 4. Variación de la temperatura (°C) y humedad del suelo (%) en las diferentes épocas

La temperatura del suelo se encuentra dentro del rango que no comprometen el crecimiento de las plantas siendo el máximo de 25 a 35°C y los mínimos de 8 a 15°C (Fischer *et al.*, 1997). En climas subtropicales las temperaturas óptimas para el crecimiento de la raíz están por encima de los 10 a 15 °C (Lambers *et al.* 2008).

El promedio de la temperatura del suelo evaluado es de 17.1 °C, es menor a lo reportado por López *et al.* (2018) quien registro 19.59°C en suelos de praderas de setaria. Esta diferencia de temperaturas puede atribuirse a la ubicación de la parcela ya que este estudio se realizó a mayor altitud (2192 msnm) y el otro estudio se ubicó a 1800 msnm; se sabe que el incremento de la altitud baja la temperatura ambiental; el microclima varía de 0.6 a 1.0 °C con cada 100 metros de altitud y por consiguiente la temperatura del suelo tiende a disminuir (Fischer y Bazurto 1999).

Las temperaturas altas del suelo presentadas en la época seca se deben a la mayor cantidad de radiación que ocurre durante el verano lo cual influye en el régimen térmico del suelo, incrementando el intercambio de calor entre el ambiente y el suelo por convección (Ñaupari 2000). Sin embargo, al incrementarse la humedad del suelo, hay un incremento en la absorción de la radiación solar (Al-Kayssi 1990) el cual influye en la poca variabilidad de temperaturas en el día y la noche incrementando en la época húmeda, es así que la variación de la temperatura en el trópico es poco en comparación con las zonas templadas donde estas diferencias son muy marcadas (Bernal y Espinoza 2003).

Los valores de humedad del suelo encontrados son mayores a los reportados en condiciones tropicales por López *et al.* (2018) quien reporta humedad promedio del suelo de 25.8 por ciento; asimismo valores de 18 y 12.9 por ciento se reportan en trópico seco con praderas de *Panicum maximum* en época lluviosa y seca respectivamente (Nuñez *et al.* 2018); los valores altos de humedad encontrados en este estudio pueden ser debido a las propiedades del suelo que a pesar de ser franco arenoso presentan niveles altos de materia orgánica lo cual contribuye a la formación de humus y retener la humedad del suelo (Alegre *et al.* 2014) se ha demostrado que las praderas de setaria tienden a incrementar la materia orgánica del suelo y pueden soportar condiciones de suelos húmedos e inundaciones (Hacker y Jones 1969) es debido a eso su persistencia y producción en estas zonas de estudio.

4.2 VALOR NUTRITIVO DE LA DIETA

4.2.1 Proteína cruda

La concentración de proteína cruda de la dieta presenta variaciones significativas ($p < 0.05$) en las diferentes épocas de estudio; los valores más altos se registran en la época seca e inicios de la época lluviosa con 13.8 y 13.6 por ciento respectivamente (Figura 5).

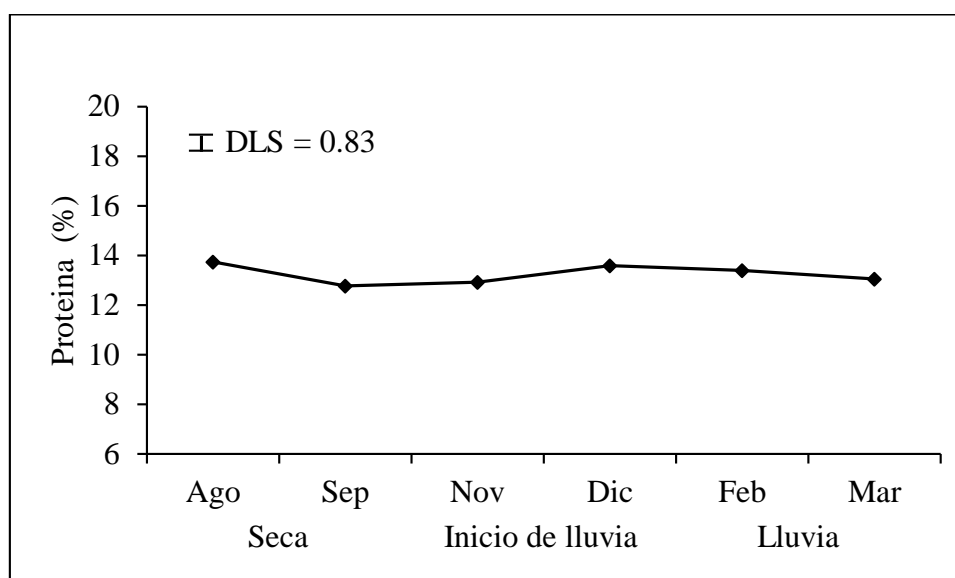


Figura 5. Variación del contenido de proteína cruda en las diferentes épocas

La humedad del suelo influye en la concentración de proteína del pasto setaria tendencias similares fueron reportados por Ñaupari (2000) quien ha registrado mayores valores de proteína en la época lluviosa (17.2 por ciento) en comparación con la época seca (14.6 por ciento) sobre praderas cultivadas de rye grass trébol; mientras que en condiciones tropicales Nuñez (2017) reporta 10.49, 16.64 y 13.76 por ciento de proteína cruda en *Panicum maximum* en la época seca, inicio de lluvia y lluviosa. Es notable que la estacionalidad tiene un efecto directo sobre la nutrición del pasto, en climas templados se le atribuye un 95 por ciento de la variabilidad de la proteína a la estacionalidad del año (Demagnet *et al.* 2015).

La baja disponibilidad de agua reduce las tasas de difusión en suelo secos, porque el aire reemplaza los poros de agua, reduciendo el crecimiento de las plantas a causa de las limitaciones de los nutrientes en los tejidos (Lambers *et al.* 2008); La humedad del suelo proporciona mayor disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno, mejorando la calidad de los pastos, aumentando la relación de hojas a tallos y el contenido de proteína (Bernal 1994); el aumento de proteína a inicios de la época lluviosa se debe a que aparecen rebrotes tiernos vigorosos y palatables, sin embargo después de la época de floración el forraje se lignifica y el subpastoreo hace que la dieta sea de menor calidad a fines de la época Lluviosa (Nuñez 2017).

El valor promedio de proteína cruda (13.2 por ciento) es superior a lo reportado por López *et al.* (2018) quien reporta 7.45 por ciento de proteína cruda para el pasto *Setaria sphacelata*, sin embargo, Rivera (2015) reporta 14.36 por ciento de proteína cruda en pasto setaria a los 45 días. Los valores de proteína reportados están por encima de los requerimientos mínimos de proteína que es del 7 por ciento de la masa seca (Del Pozo *et al.* 2011), podríamos indicar que no hay limitaciones en el consumo porque existe suficiente cantidad de proteína para garantizar una buena digestión a nivel ruminal del animal, valores por debajo de 6 a 8 por ciento de proteína cruda afectan el consumo y la digestibilidad (Van Soest 1994).

4.2.2 Digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO)

La DIVMO de la dieta presenta variaciones significativas ($p < 0.05$) a lo largo del periodo de estudio, la mayor digestibilidad se presentó a inicios de la época lluviosa 75.7 por ciento, mientras el menor valor se registra a fines de época seca e inicios de lluvias con 69.3 y 69 por ciento (Figura 6).

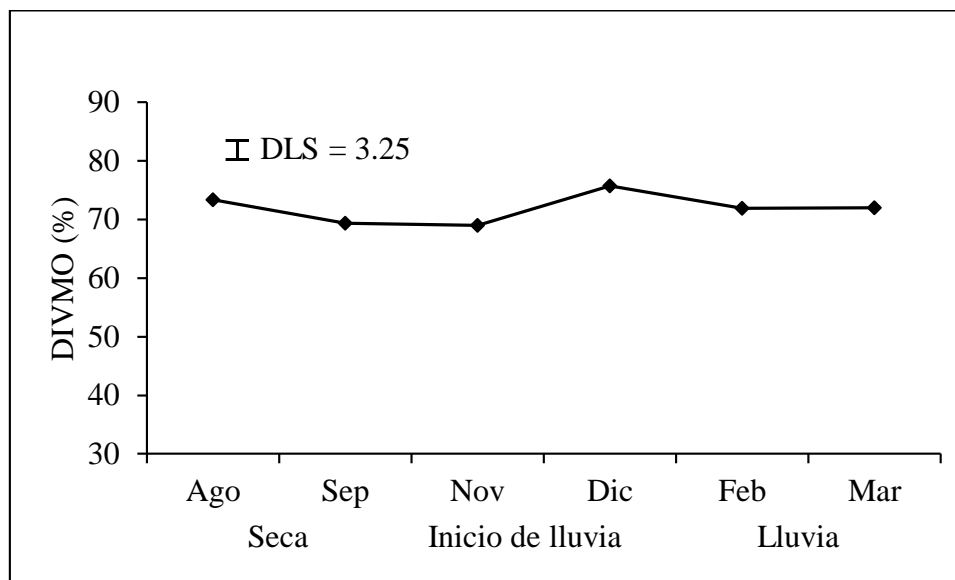


Figura 6. Variación de la DIVMO en las diferentes épocas

El promedio de la DIVMO registrado en nuestro estudio es de 71.8 por ciento; Rivera (2015) registró 75.78 por ciento en la degradabilidad in situ de la materia orgánica del pasto setaria cosechado a los 45 días de rebrote; Minson (1990) por su parte reporta rangos de la digestibilidad de la materia orgánica de 52 a 67.3 por ciento en pasto *Setaria splendida* cosechados en diferentes edades de rebrote, valores inferiores a los reportados en este estudio. Por otra parte, la digestibilidad de la materia seca reportados por López *et al.* (2018)

es de 73 por ciento para el pasto setaria; asimismo Stobbs y Sandland (1972) revelan digestibilidades de 67, 67.2 68.9 por ciento para *Digitaria decumbens*, *Chloris gayana* cv. Pioneer y *Setaria sphacelata* cv. Kazungula de muestras colectadas de animales con fistulas esofágicas.

El déficit hídrico del suelo influye en la baja digestibilidad en las épocas secas, en las épocas con lluvias hay un incremento significativo de la digestibilidad, por haber mayor disponibilidad de forraje tierno y menos fibroso (Nuñez 2017). La disminución de la digestibilidad a fines de lluvia puede atribuirse a la mayor acumulación de material senescente; la baja digestibilidad a fines de época seca puede deberse a una menor disponibilidad de agua, cambios en la temperatura y luz (Minson 1990).

4.2.3 Energía metabolizable

La energía metabolizable de la dieta presenta variaciones ($p < 0.05$) en las diferentes épocas de estudio, la mayor concentración se registra a inicios de la época lluviosa con 12.07 MJ/Kg.MS, mientras los valores más bajos se encontraron a fines de época seca e inicios de época lluviosa con 11.1 y 11MJ/Kg MS (Figura 7).

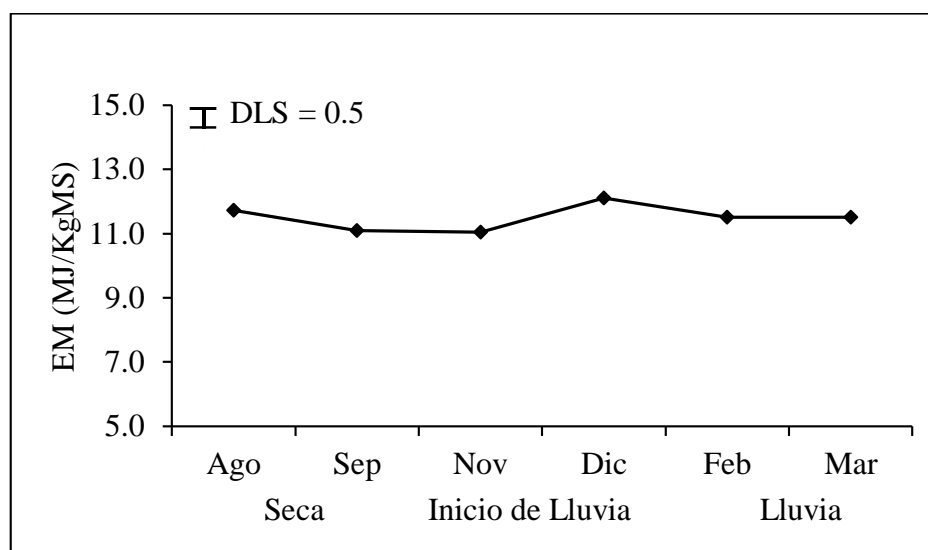


Figura 7. Variación de la energía metabolizable en las diferentes épocas

La concentración de energía metabolizable analizada promedia 11.5 MJ/Kg.MS, valores superiores a los reportados por Margan (1988) quien registra valores de 8.3 y 8.5 MJ/Kg MS para *Setaria sphacelata* y *Digitaria decumbes* respectivamente.

Los regímenes de lluvia y la digestibilidad están asociados con el contenido energético de las dietas, investigaciones demuestran que hay mayor energía metabolizable de la materia seca en la época lluviosa que en la época seca (Ñaupari 2000; Nuñez *et al.* 2019; Flores *et al.* 2009); Sin embargo, en el trópico del Perú no se encontraron diferencias en el valor energético del pasto alemán *Echinochloa polystachya* (Kunth) valores de 7.6 ± 0.2 y 7.6 ± 0.3 MJ/EM/Kg MS se reportaron para la época de mayor y menor precipitación (Díaz *et al.* 2020). Los rebrotes tiernos desarrollados con el inicio de las lluvias y la estimulación de la planta a la floración han contribuido a que la dieta sea más digestible y energética.

4.3 INGESTA DE FORRAJE Y SELECTIVIDAD DEL FORRAJE

La cantidad de forraje consumida (Kg MS/día) por los toretes en las 3 épocas de estudio muestra diferencias significativas ($p < 0.05$), mientras que la ingesta representada en base al peso vivo no es significativa ($p > 0.05$) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Ingesta de pastos de los toretes

Variable	Seca	Inicio de lluvia	Lluviosa
Tamaño de bocado (gr)	0.59 b	0.68 b	0.87 a
Número de bocados (bocados/minutos)	34.87 b	35.58 a	35.31 b
Tiempo de pastoreo (horas /día)	6.63 a	7.12 a	6.65 a
Ingesta de forrajes (Kg MS /día)	8.13 b	10.18 ab	11.94 a
Peso vivo (kg/torete)	285.5	349.5	427.05
Consumo de forraje (% peso vivo)	2.91 a	2.88 a	2.83 a

(a,b,c) Letras diferentes en cada fila indican diferencias entre variables ($p < 0.05$)

El incremento del consumo se debe a que los toretes estuvieron en crecimiento constante, influyendo directamente en las tasas de consumo en cada época, es así que el tamaño del animal influyo en el peso de los bocados ($p < 0.05$) siendo mayor en la época lluviosa (0.87grMS/bocado); el número de bocados registra también una variación siendo mayor a inicios de lluvias (35.58 bocados/minutos), asimismo el tiempo de pastoreo no presento diferencias ($p > 0.05$) entre las 3 épocas de estudio.

El consumo obtenido en este estudio es inferior a lo registrado por Mijares *et al.* (2012) quien reporta 14.4 Kg MS/animal para toretes de 360 ± 30 kg al pastoreo; sin embargo, ganados cebuinos de 380 kg de peso vivo consumieron 10.1 ± 0.58 y 9.42 ± 0.94 kg MS/animal/día en un sistema silvopastoril que comprendió pasto guinea (*Megathyrus maximus* Jacq), estrella (*Cynodon plectostachyus*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) con y sin suplemento energético (Gaviria *et al.* 2015). Evaluaciones realizadas sobre praderas de *Panicum maximum* registraron consumos de 2.16, 2.62 y 2.68 por ciento en referencia al peso vivo de los toretes suplementados con minerales, maíz y torta de soya respectivamente (Santana *et al.* 2013); en sistemas silvopastoriles con pasto guinea, estrella y leucaena se reportan consumos de 2.59 ± 0.13 y 2.46 ± 0.23 por ciento para toretes con y sin suplemento (Gaviria *et al.* 2015), estos valores son inferiores a los encontrados en este estudio, la estimación del consumo con la metodología del comportamiento animal no son muy precisas en comparación con las metodologías de los indicadores con óxido de cromo y n alcanos (Mejía *et al.* 2017; Estrada *et al.* 2014).

La selectividad de la dieta de los toretes no presenta diferencias ($p > 0.05$) para hojas y tallos, sin embargo, el material verde y seco de la dieta si presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) (Cuadro 6):

Cuadro 6. Selectividad de la dieta

Variable (%)	Época seca (días)		Inicio de lluvias (días)		Época Lluviosa (días)	
	45	90	135	180	225	270
Hoja	99.25 a	98.5 a	97.75 a	98.75 a	98.75 a	98.75 a
Tallo	0.75 a	1.5 a	2.25 a	1.25 a	1.25 a	1.25 a
Verde	97.25 a	95.5 a	90.75 b	97 a	90.5 b	95.25 a
Seco	2.75 b	4.5 b	9.25 a	3 b	9.5 a	4.75 b

(a,b,c) Letras diferentes en cada fila indican diferencias entre variables ($p < 0.05$)

La dieta estuvo compuesta mayormente por hojas y material verde (98.6 y 94.3 por ciento), se registra una pequeñísima cantidad de tallos y material seco (1.37 y 5.6 por ciento) esto evidencia que no hubo limitaciones en la oferta forrajera permitiendo a los animales seguir con el hábito selectivo incluso en la época seca (Pinheiro 2007). La mayor presencia de material seco en las épocas lluviosas es debido al eventual subpastoreo, el cual influyo en la acumulación de material senescente disponible para el ganado, asimismo el aumento

acelerado del crecimiento en las épocas lluviosas, ocasionan una alta demanda de nitrógeno, por lo que las hojas más maduras se envejecen más rápido debido a la translocación de nitrógeno a los puntos más jóvenes de crecimiento (Bernal y Espinosa 2003).

4.4 Peso vivo

El peso vivo de los toretes aumento significativamente ($p < 0.05$) a lo largo del periodo de evaluación, el peso inicial promedio fue 251.5 Kg PVi, y el peso final de 460.5 Kg. PVi (Figura 9).

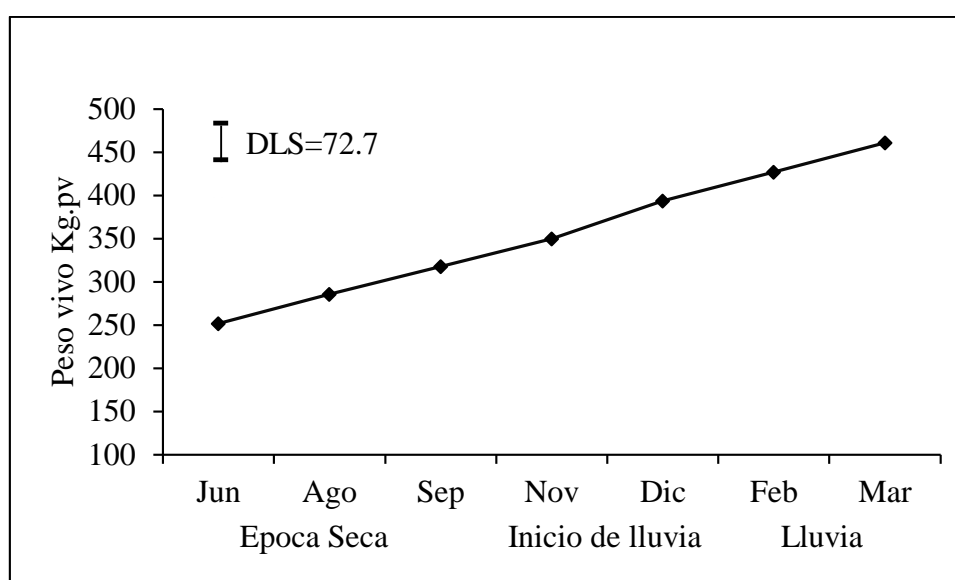


Figura 8. Peso vivo de los toretes (Kg/torete)

El crecimiento lineal obtenido indica que las diferentes épocas de estudio no afectaron el crecimiento de los toretes, esto debido a la oferta de forraje presente y la calidad de la dieta consumida; La causa del aumento de peso es la retención de energía (RE) en forma de proteínas y grasas (ER) en distintos tejidos lo cual hace que se acumule tejido magro y adiposo (Di Marco 2004). Las curvas de crecimiento teórico del vacuno tienen una forma sigmoidea, comprendida en una fase lenta, una fase de aceleración posterior y finalmente una fase inhibitoria en el cual el crecimiento se atenúa y al final cesa (Rosemberg 2000), los rangos de pesos vivos de los toretes estudiados se encuentran dentro de la fase de crecimiento acelerado, es por eso que el autor mencionado indica que a partir de los 450 Kg. PVi, el crecimiento se hace más lento, por la disminución en las ganancias diarias de peso.

4.5 Ganancia de peso diario

Las ganancias diarias de peso de los toretes no fluctuaron significativamente ($p > 0.05$) en las diferentes épocas de estudio, en el análisis de covarianza, el peso y la edad no influyeron estadísticamente ($p > 0.05$), el promedio registrado por animal es 0.78 Kg. PVi/día (Figura 10).

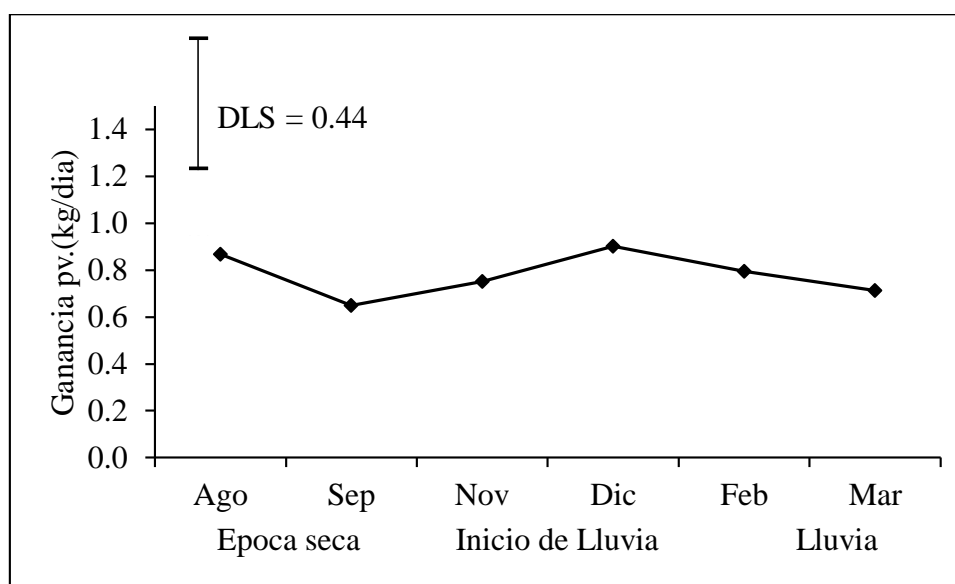


Figura 9. Ganancia diaria de peso en las tres épocas (Kg/día/torete)

La ganancia de peso tiene una relación con el contenido energético del forraje (Figura 7) y proteico (Figura 5). Una disminución de la energía metabolizable y proteína cruda del forraje a finales de la época seca influye en una disminución en las ganancias de peso diario, por otra parte, a finales de la época lluviosa hay una disminución de EM y PC en la dieta, asimismo de la disponibilidad de forraje, los cuales pudieron afectar levemente las ganancias peso. Es así que los toretes tuvieron ganancias de peso positivas en todas las épocas de estudio, el promedio obtenido es superior a los reportados Mijares *et al.* (2012) quien registra 0.43Kg/ animal, en condiciones tropicales y con toretes cruzados Bos tauros x Bos indicus; en otro estudio realizado en sistemas silvopastoriles y monocultivo de *Panicum maximum* var. Tanzania Pérez *et al.* (2008) registraron ganancias de peso de 486 y 369 gr/animal/día respectivamente con toretes encastados (Suizo x Cebú). Estas ganancias de peso superiores reveladas en este estudio se deben a que la dieta presenta valores de energía metabolizable (11.49MJ/kg MS), proteína cruda (132.5 gr/kg MS) por encima de los requerimientos de los toretes, asimismo de acuerdo al consumo obtenido en campo (Cuadro 5) evidenciamos que

los toretes consumieron la cantidad suficiente de proteína y energía metabolizable para sus gastos de mantenimiento y ganancias de peso.

4.6 PERFIL ALIMENTARIO

Los resultados del perfil alimentario para un periodo de 9 meses se muestran en el cuadro 7, revelando que la capacidad de carga propuesta es de 1.6 toretes/ha.

La carga animal propuesta (1.6 toretes/ha) es ligeramente mayor que la carga actual utilizada en el fundo Carolina (1.4 toretes/ha); asimismo el requerimiento energético de los toretes ha tenido un incremento gradual durante las diferentes épocas de estudio debido al crecimiento de los toretes.

La asignación de forraje de los toretes, muestra un valor inferior al consumo estimado en campo los cuales fueron 8.14, 10.19 y 11.94 Kg MS/día para la época seca, Inicio de lluvias y Lluviosa respectivamente (Cuadro 5); asimismo la ecuación de predicciones de consumo en ganados cruzados descrito por WTSR (2010) predice valores de consumo de 7.65, 9.51 y 11.74 Kg MS/día para la época seca inicio de lluvias y lluviosa, datos mayores a la asignación del forraje del perfil alimentario (Cuadro 7), la concentración energética de la dieta (MJEM /Kg MS) y los requerimientos energéticos del animal influyen en la asignación de forraje en el perfil alimentario; una mayor asignación de forraje se da por un alto requerimiento energético del animal, y una baja concentración energética del forraje; factores genéticos, hormonales (Owens *et al.* 2014), factores ambientales como topografía de la pradera, exceso de lluvias y el frío (CSIRO 2007) que no fueron tomados en cuenta en este estudio, posiblemente incrementaron el gasto energético de mantenimiento en los toretes, es por eso que el consumo estimado en campo fue mayor a la asignación de forraje.

La utilización promedio del forraje es de 23.8 por ciento mientras que la utilización evaluada en campo indica un promedio de 38.8 por ciento, estos valores bajos de utilización de la pradera han conllevado a obtener ganancias de pesos aceptables (780gr/torete/día) e incluso superior a los reportados por Barbera *et al.* (2009) en praderas de setaria; asimismo, la selectividad de la dieta de los toretes (Cuadro 6) indica que los toretes consumiendo en su mayoría hojas verdes evidenciando una baja utilización de la pradera y una alta selectividad.

Cuadro 7. Perfil alimentario de toretes en pastoreo

Producción total promedio durante en las 3 épocas Kg MS/ha = 5544.4

Época	Época Seca		Inicio de lluvias		Época Lluviosa	
	Días					
Días	45	90	135	180	225	270
Tasa de crecimiento de forraje, kg MS/ha/día	14.43	11.29	28.19	23.36	23.42	22.53
Producción promedio Kg MS/ha/45días	649.4	507.9	1268.5	1051.0	1053.9	1013.8
Requerimiento de MS. Torete Kg MS/45días	342.7	381.6	419.4	472.5	512.5	552.8
Carga animal propuesta toretes /ha	1.9	1.3	3.0	2.2	2.1	1.8

Época	Época Seca		Inicio de lluvias		Época Lluviosa		
	Días (Junio - Marzo)	Ago	Sept	Nov	Dic	Feb	Mar
Ganancia de peso Kg PVi/torete		0.87	0.65	0.75	0.90	0.79	0.71
Peso vivo Kg PVi/torete		285.5	317.9	349.5	393.7	427.0	460.6
Valor energético del forraje MJ EM/Kg MS		11.7	10.9	11.1	11.7	11.8	11.4
Requerimiento energético MJ EM/torete/día		81.7	74.8	87.1	106.5	104.7	104.1
Asignación de forraje Kg MS/torete/día		7.0	6.8	7.9	9.1	8.9	9.1
Carga animal toretes/ha		1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Demanda del hato Kg MS /ha/día		11.2	11.0	12.7	14.6	14.3	14.7
Tasa de crecimiento de forraje, kg MS/ha/día		14.4	11.3	28.2	23.4	23.4	22.5
Cambio en disponibilidad de forraje kg MS/ha		143.4	11.5	697.4	392.1	408.6	350.9
Disponibilidad inicio de época Kg MS/ha		1212.0	1355.4	1366.9	2064.3	2456.4	2865.0
Disponibilidad más crecimiento Kg MS/ha		2126	1863.3	2635.4	3115.3	3510.3	3878.8
Disponibilidad Final de época kg MS/ha		1355.4	1366.9	2064.3	2456.4	2865.0	3216.0
Utilización (%)		36.9	26.6	21.7	21.2	18.4	17.1
Utilización obtenida en campo (%)		42.5		32.5		41.3	

La demanda del hato de toretes no supera las tasas de crecimiento del pasto, en las épocas con lluvias, el balance de dichas variables indica la existencia de un periodo de mayor excedente en las épocas de inicio de lluvia y lluviosa (Figura 10).

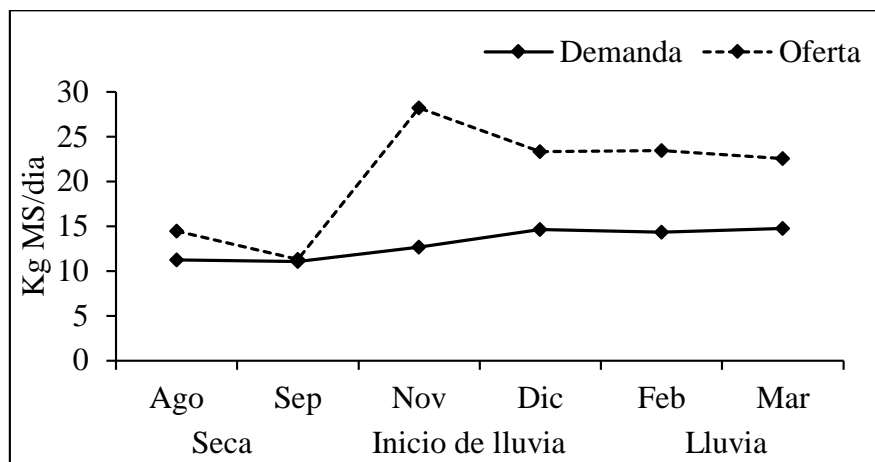


Figura 10. Balance entre oferta y demanda de forraje

4.7 Presupuesto alimentario

El presupuesto alimentario (Cuadro 8) permitió calcular un excedente de forraje de 624.5 Kg MS/ha.

Cuadro 8. Presupuesto alimentario para el periodo de lluvias en el fundo Carolina

ÉPOCA	Días	Crecimiento Kg.MS/ha/día	Requerimientos diarios de Materia seca		
			Kg.MS/torete	Kg.MS/ha	Kg.MS/torete
I. Lluvia	180	23.36	9.1	14.64	9.1
Lluvia	225	23.42	8.9	14.34	8.9
	270	22.53	9.1	14.73	9.1
Disponibilidad inicial de forraje en la pastura			2064.3	KgMS/ha	
Crecimiento de forraje en la pastura durante el periodo			3118.7	KgMS/ha	
Disponibilidad más crecimiento durante el periodo			5183.0	KgMS/ha	
Remanente de forraje en la pastura (50%)			2591.5	KgMS/ha	
Oferta de forraje en la pastura durante el periodo			2591.5	KgMS/ha	
Demanda de forraje por los toretes durante el periodo			1967.0	KgMS/ha	
Balance de forraje durante el periodo			624.5	KgMS/ha	
Exceso de oferta durante el periodo			624.5	KgMS/ha	
Demanda de forraje 01 torete durante el periodo			1219.4	KgMS/ha	
Carga animal			624.5/1219.4=	0.5	toretos/ha
Número de toretes			0.5toretos/ha x 29.3 has =	15	toretos

El excedente de forraje estimado en el presupuesto alimentario permite ingresar 15 toretes más a las praderas con un peso inicial promedio de 349.5 kg PVi, los cuales se mantendrán en las praderas por un periodo de 135 días y se espera alcanzar un peso promedio a la saca de 460.6 kg PVi. La carga animal utilizado para estimar el excedente forrajero es de 1.6 toretes/ha, haciendo un total de 47 animales que se maneja en el fundo.

El presupuesto alimentario nos permite tomar decisiones de manejo para el aprovechamiento adecuado de los excedentes de forraje; identificado las épocas de mayor excedente sirve como herramienta en la planificación estratégica para tomar decisiones como la determinación y capacidad de carga, fechas de nacimientos y destetes, remplazos, fechas de compra y venta (Parker *et al.* 1997). En el fundo Carolina no se aprovecha el excedente forrajero, por lo tanto, existe un mal uso de los recursos, el presupuesto alimentario permite analizar diferentes escenarios de cargas y es un gran apoyo en la toma de decisiones para establecer la carga animal, y el número de toretes adecuado para la utilización óptima del recurso forrajero.

4.8 Plan de pastoreo

El plan de pastoreo se estableció para la época seca, garantizando 45 días de descanso para las praderas, los parámetros utilizados se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Parámetros utilizados en el plan de pastoreo

Parámetro	Época Seca
Asignación de pasto (Kg MS/torete/día)	7.0
Tasa de crecimiento del pasto Kg MS/ha/día	14.4
Área(Ha)	29.3
Carga recomendada (toretos/ha)	1.6
Número de toretes/Área	47
Residual (Kg MS/ha)	1550

El hato de toretes a pastorear estaría conformado por 47 toretes, la asignación del pasto obtenida del perfil alimentario es 7 Kg MS/torete/día. La disponibilidad inicial es 2149.4 Kg MS/ha asimismo la tasa de crecimiento para ese periodo fue de 14.4 Kg MS/ha, y el residual propuesto es de 1550 Kg MS/ha, el plan de pastoreo para los 11 potreros de pradera de setaria se detalla en el Cuadro 11:

Cuadro 10. Plan de pastoreo de los toretes en el fundo Carolina

Potrero	Area Ha	Disponibilidad Kg.MS/ha	Crecimiento Kg.MS/ha/d	Disponibilidad mas crecimiento Kg.MS/ha	Residual Kg.MS/ha	Dias	Fecha Ingreso	Fecha Salida
01	3.0	2149.4	-	2149.4	1550	6	30-Jun	6-Jul
02	1.6	2101.8	86.6	2188.3	1550	3	6-Jul	9-Jul
03	2.2	2036.1	129.9	2166.0	1550	4	9-Jul	13-Jul
04	2.5	1922.6	187.6	2110.2	1550	4	13-Jul	17-Jul
05	2.2	1919.7	245.3	2165.0	1550	4	17-Jul	21-Jul
06	2.4	1828.7	303.1	2131.7	1550	4	21-Jul	25-Jul
07	3.6	1770.9	360.8	2131.7	1550	6	25-Jul	31-Jul
08	2.9	1702.1	447.4	2149.5	1550	5	31-Jul	5-Ago
09	2.8	1629.3	519.5	2148.8	1550	5	5-Ago	10-Ago
10	3.2	1505.2	591.7	2096.9	1550	6	10-Ago	16-Ago
11	3.0	1459.9	678.3	2138.2	1550	6	16-Ago	22-Ago

$$\text{Días} = \frac{(2149.4 - 1550)\text{KgMS/ha} \times 3 \text{ has}}{47 \text{ toretes} \times 7 \text{ KgMS/torete/día}} = 6 \text{ días}$$

El plan de pastoreo indica periodos de ocupación por potreros mayores a tres días, se recomienda que el periodo de ocupación de los potreros debe ser lo más corto en el tiempo posible para evitar que el ganado no consuma los rebrotes tiernos nuevamente en las áreas ya pastoreadas y así maximizar la producción (Pinheiro 2004).

El ciclo de pastoreo en este plan abarca 53 días, en este estudio el periodo de descanso fue de 45 días, los días de pastoreo del hato en los potreros va depender de la oferta forrajera y de la demanda de forraje de los toretes, el residual es un factor importante a considerar en condiciones de pastos tropicales Nuñez (2017), utilizo un residual de 1500 KgMS/ha en praderas de *Panicum máximum*, el residual considerado en este plan de pastoreo fue de 1550 KgMS/ha.

Una de las variables más importantes en el plan de pastoreo es la tasa de crecimiento del pasto, factores como temperatura suelo y humedad del suelo pueden ser utilizados para predecir tasas futuras de crecimiento del forraje, estos datos pueden ser utilizados por modelos computarizados (Milligan *et al.* 1987), y alimentar un sistema de soporte de decisiones, que ayudaría a los ganaderos en las tomas de decisiones (Cobos *et al.* 2008).

V. CONCLUSIONES

1. La disponibilidad y la tasa de crecimiento del pasto *Setaria sphacelata* se incrementan en las épocas de lluvia, habiendo suficiente pasto disponible para maximizar la tasa de ingesta.
2. El valor nutritivo de la dieta y la tasa de ingesta de materia seca, fueron similares y superaron los requerimientos de los toretes en la época seca y lluviosa, garantizando una ganancia de peso diaria promedio de 0.78 Kg.
3. El perfil alimentario revela que existe un excedente de forraje de 624.5 Kg MS/ha a inicio de lluvia y en época de lluvia permitiendo la introducción de 15 toretes adicionales de 349.5 Kg de peso vivo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Establecer metodologías que permitan generar modelos matemáticos para predecir tasas de crecimiento diario en base a la humedad, temperatura del suelo y datos climatológicos del área de estudio.
2. Evaluar y validar el uso de tecnología para estimar disponibilidad de forraje con cámaras multiespectrales; y el valor nutritivo de forraje con Espectroscopia de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS).
3. Construir un sistema de soporte de decisiones en base a tecnologías de precisión y modelos de simulación de crecimiento de forraje y de balance nutricional que permitan predecir en tiempo real la carga animal.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, SR; Langton, FA. 2005. Photoperiod and plant growth: a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 80(1): 2-10.

Akin, DE. 1989. Histological and Physical Factors Affecting Digestibility of Forages. *Agronomy Journal* 8: 17-25.

Alegre, J; Garcia, S; Guerra, P; Lao, C; Veja, R. 2014. Manual de la materia orgánica en los sistemas agroforestales. VLIR-UNALM 26 p.

Al-Kayssi, AW; Al-Karaghoul, AA; Hasson, AM; Beker, SA. 1990. Influence of soil moisture content on soil temperature and heat storage under greenhouse conditions. *Journal of Agricultural Engineering Research* 45: 241–252.

Anwandter, V; Balocchi, O; Parga, J; Canseco, C; Teuber, N; Abarzúa, A.; Lopetegui, J; Demanet, R. 2007. Métodos y control del pastoreo. En *Manejo de pastoreo*. Gobierno de Chile. Proyecto FIA. p. 91-105.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists).1990. Official methods of analysis. Fifteenth edition. Virginia USA, Association of Official Agricultural Chemist, Inc. 771p.

Araujo, O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. IX Seminario de Pastos y Forrajes.

ASRM (American Society of Range Management and Agriculture Board). 1962. Basic problems and techniques in range research: A Report of a Joint Committee of the American

Society of Range Management and Agriculture Board. Washington D. Publication N° 890, National Academy of Sciences-National Research Council. 362 p.

Austin, DD; Urness, PG; Fierro, LC. 1983. Spring Livestock Grazing Affects Crested Wheatgrass Regrowth and Winter Use by Mule Deer. *Journal of range management* 35(5):589-593.

Avalos, P; Flores, E. 2015. Dinámica de la producción de pasto y balance forrajero de un módulo de vacas lecheras, en la sierra central. *Universidad Nacional Agraria La Molina, Anales Científicos* 76 (2): 344-349.

Balocchi, O; Teuber, N; Parga, J; Demanet, R; Anwandter, V; Lopetegui, J; Canseco, C; Abarzúa, A. 2007. Crecimiento de las plantas forrajeras y su adaptación al pastoreo. *Manejo de pastoreo. Proyecto FIA. Gobierno de Chile. Osorno, Chile.* 9-22p.

Balseca, DG; Cienfuego, EG; López, HB; Guevara, HP; Martinez, J. 2015. Nutritional value of Brachiarias and forage legumes in the humid tropics of Ecuador. *Cien. Inv. Agr.* 42(1):57-63.

Bänziger, M; Edmeades, GO; Beck, D; Bellon, M. 2000. *Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize: From Theory to Practice.* Mexico, D.F.: CIMMYT. 68p.

Barahona R, R; Sánchez P, S. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista Corpoica* 6 (1): 69-82.

Barbera, P.; Bendersky, D.; Borrajo, C.; Zapata, P.; Maidana, C.; Sr. Ramírez, R. 2009. *Manejo de la carga animal en una pastura de Setaria sphacelata.* Serie técnica N° 449 EEA, INTA Mercedes.

Barrón L, J; Velásquez G, M; Echevarría R, M; Basurco T, V. 2009. Efecto de la edad y época de corte sobre el rendimiento y valor nutritivo del pasto elefante morado (*Pennisetum purpureum*, Schum.) en la Costa Central. Anales científicos UNALM 70(1): 51-57.

Bernal, J. 1994. Pastos y forrajes tropicales (3ra edición ed.). Colombia: Banco ganadero. 569p.

Bernal, J; Espinosa, J. 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. Quito, Ecuador: International Plant Nutrition Institute (IPNI). 95p.

Blanchet, K; Moechnig, H; DeJong-Hughes, J. 2003. Grazing Systems Planning Guide. St. Paul: University of Minnesota Extension Service. 45p.

Blaney, BJ; Gartner, RJW; Head, TA. 1982. The effects of oxalate in tropical grasses on calcium, phosphorus and magnesium availability to cattle. The Journal of Agricultural Science 99(03): 533-539.

Bogdan, AV. 1997. Pastos tropicales y plantas de forraje. Escandon. México. A. G. T. Editor S.A. 461 p.

Boom, CJ; Sheath, GW. 1996. Performance of setaria in the northern North Island. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 57: 63-68.

Borrajo, C; Pizzio, R. 2006. Manual de Producción y Utilización de Setaria. Proyecto ganadero de Corrientes. Disponible en: http://www.produccion_bovina.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/178-Manual_Setaria.pdf.

Boval, M; Angeon, V; Rudel, T. 2016. Tropical grasslands: A pivotal place for a more multi-functional agriculture. Ambio 46(1): 48-56.

Boval, M; Dixon, RM. 2012. The importance of grasslands for animal production and other functions: a review on management and methodological progress in the tropics. *Animal* 6 (05): 748–762.

Briske, DD.1991. Developmental morphology and physiology of grasses. In *Grazing Management: An Ecological Perspective*. Texas USA, Timber Press. p. 83-110.

Calzada, B. 1982. *Métodos estadísticos para la investigación*. Quinta edición. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

Canseco, C; Demanet, R; Balocchi, O; Parg, J; Anwandter, V; Abarzúa, A; Teber, N; Lopetegui, J. 2007. Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo. Manejo de pastoreo. Proyecto FIA. Gobierno de Chile. Osorno, Chile. 23-49p.

Castro, E; Pérez, C; CA; Salazar V, D; Pazmiño G, J. 2016. Evaluación de dos estimulantes hormonales para el engorde de toretes Brahman bajo pastoreo y bloques multinutricionales suplementarios. *Siembra* 3: 101–104.

Chacón R, EA. 2013. Principios de manejo y utilización de pasturas tropicales para la producción de leche y carne a pastoreo. En: *Manejo de Pastos y Forrajes Tropicales*. Cuadernos Científicos Girarz 13. Perozo Bravo A. (Ed). Fundación Girarz. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela. 21-31p.

Church, DC. 1993. *El rumiante fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza España. ACRIBIA, S.A. 641p.

Cobos L, CA; Timaná P, JA; Valencia V, R. 2008. Sistema de soporte a la toma de decisiones para procesos de germinación y cultivo en invernaderos. *Facultad de Ciencias Agropecuarias* 6(1): 22-31.

Cohen, D; Asín, E. 2000. Sistemas de información para los Negocios, un enfoque para la toma de decisiones. Tercera edición. Editorial. McGraw Hill. 445p.

Cozzolino, D; Pigurina, G; Methol, M; Acosta, Y; Mieres, J; Bassewitz, H. 1994. Guía para la alimentación de rumiantes. 2da edición. Montevideo, Uruguay, Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L. 60 p.

Crespo, G. 2105. Factores que influyen en el reciclaje de nutrientes en pastizales permanentes, avances en el desarrollo de su modelación. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 49(1): 1-10.

Crowder, LV. 1985. Pasture management for optimum ruminant production. In Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. Florida. ed. Academic Press,103-128p.

CSIRO. 2007. Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants. Common wealth Scientific and Industrial Research Organization., Collingwood, Australia, CSIRO Publishing. 270p.

De Pinho C, KA; Da Costa S, E; Simon, GA; Soares E, P; Guerra da Silva, A; Fonseca C, RRG; Barbosa S, C; Ribeiro R, C (2014) Nutritional Characteristics of *Brachiaria brizantha* Cultivars Subjected to Different Intensities Cutting. American Journal of Plant Sciences 5:1961-1972.

Decruyenaere, V; Buldgen, A; Stilmant, D. 2009. Factors affecting intake by grazing ruminants and related quantification methods: a review. Biotecnología, Agronomía, Sociedad y Medio Ambiente 13(4):559-573.

Del Pozo, PP. 2004. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. Consultado 04 octubre 2020. Disponible en http://www.producción_animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas.tropicales.pdf

Del Pozo, PP; Herrera, RS; Blanco, F. 2011. Bases ecofisiológicas de los pastos. En ANDRÉ VOISIN, Experiencia y aplicación de su obra en cuba. Matanzas, Cuba: EEPF indio Hatuey. 371-391p.

Demagnet, R; Mora, ML; Herrera, MÁ; Miranda, H; Barea, JM. 2015. Seasonal variation of the productivity and quality of permanent pastures in Adisols of temperate regions. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 15 (1):111-128.

Di Marco, ON. 2004. Fisiología de crecimiento de vacunos. (En línea). Curso de Posgrado Actualización en Invernada, F.C.V. de la U.N. La Pampa y C.M.V. de La Pampa. Módulo I. Consultado 15 marzo 2021. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/16-fisiologia_del_crecimiento.pdf

Díaz C, MA; Hernández G, JE; Gómez B, CA. 2020. Impacto del régimen pluvial en la composición química, digestibilidad y producción de metano de *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitch. Scientia Agropecuaria 11(2):147-155.

Duarte F, F; Braga R, AK; Jank, L; Ayres C, M;1, Bueno M, G; Braga, GJ. 2013. Forage yield and nutritive value of *Panicum maximum* genotypes in the Brazilian Savannah. Scientia Agricola 71(1):23-29.

Egg, L. 1990. Respuesta a 4 niveles de fertilización, en una pastura establecida de *Setaria Sphacelata*. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Zootecnista, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Oxapampa, Perú.

Einot, I; Gabriel, KR. 1975. A Study of the powers of several methods of multiple comparisons. Journal of the American Statistical Association 70(351):574-583.

Estrada L, I; Avilés N, F; Estrada F, JG; Pedraza B, PE; Yong A, G; Castelán O, AO. 2014. Estimación del consumo de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* K. Schum.) por vacas

lecheras en pastoreo, mediante las técnicas de n-alcanos, diferencia en masa forrajera y comportamiento al pastoreo. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 17: 463-477.

Feiguin, MF; Vásquez A, G. 2018. Sistema de soporte de decisiones y modelos para cuantificar el impacto ambiental. En *Gestión ambiental: desafíos para una producción sostenible*, Buenos Aires, Argentina, AACREA, p. 139-158.

Fischer, G; Bazurto, J. 1999. Efecto de la temperatura del suelo sobre la planta. 3. Modificaciones de las propiedades térmicas del suelo. *Revista Comalfi* 16(3): 95-105.

Fischer, G; Carvajal, F; Bazurto, J. 1997. Efecto de la temperatura del suelo sobre la planta. 1. Crecimiento y desarrollo. *Revista Comalfi* 24(3): 78-92.

Flores, E; Cruz, J; Ñaupari, J. 2009. Comportamiento Nutricional, Perfil Alimentario y Economía de la Producción Lechera en Praderas Cultivadas en Secano: Caso Pasco Lima, Perú UNA La Molina-INCAGRO.

Freer, M; Moore, AD; Donnelly, JR. 1997. GRAZPLAN: Decision Support Systems for Australian Grazing Enterprises-II. The Animal Biology Model for Feed Intake, Production and Reproduction and the Graz Feed DSS. *Agricultural Systems* 54(1): 17-126.

Galli, JR; Cangiano, CA; Fernández, HH. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. *Rev. Arg Prod. Anim.* 16(2):119-42.

García V, JA; Castillo M, A; Ramírez G, ME; Rendón S, G; Larqué S, MU. 2001. Comparación de los procedimientos de Tukey, Duncan, Dunnett, Hsu y Bechhofer para selección de medias. *Agrociencia* 35 (1): 79-86.

Gardiner, M R. 1963. "Oxalate poisoning. 1. The effect of oxalate-containing plants on ruminants," *Journal of the Department of Agriculture* 4(3):153-156.

Gaviria U, X; Naranjo R, JF; Bolívar V, DM; Barahona R, R. 2015. Consumo y digestibilidad en novillos cebuínos en un sistema silvopastoril intensivo. Arch. Zootec. 64 (245): 21-27.

Genever, L; Buckingham, S. 2016. Planning grazing strategies for better returns. In Beef and Sheep Manual 8. Warwickshire.AHDB Beef and Lamb. 26p.

Grant, R. J. 1991. G91-1034 Evaluating the Feeding Value of Fibrous Feeds for Dairy Cattle. Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension. 437. Consultado 04 octubre 2020. Disponible en: <http://digitalcommons.unl.edu/extensionhist/437>

Hacker, JB. 1974. Variation in oxalate, major cations, and dry matter digestibility of 47 introductions of the tropical grass setaria. Tropical Grasslands 8(3): 145-154.

Hacker, JB; Evans, TR.1992. An evaluation of the production potential of six tropical grasses under grazing 1. Yield and yield components, growth rates and phenology. Australian Journal of Experimental Agriculture 32: 19-27.

Hacker, JB; Jones, RJ. 1969. The *Setaria sphacelata* complex-a review. Tropical Grasslands 3 (1):13-34.

Hare, MD; Tatsapong, P; Lunpha, A; Wongpichet, K. 2005. Brachiaria species in north-east Thailand: dry matter yields and seed production. Tropical Grasslands 39: 99–106.

Harker K, W; Torell D,T; Van Dyne G, M. 1964. Botanical examination of forage from esophageal fistulas in cattle. Journal of Animal Science 23(2): 465 –469.

Haryani, H; Norlindawati, AP; Norfadzrin, F; Aswanimiyuni, A; Azman, A. 2018. Yield and nutritive values of six napier (*Pennisetum purpureum*) cultivars at different cutting age. Malaysian Journal of Veterinary Research 9(2): 6-12.

Hatfield, RD; Kalscheur, KF. 2020. Carbohydrate and Protein Nutritional Chemistry of Forages. In Moore, KJ; Collins, M; Nelson, CJ; and Daren D. Redfearn, DD (eds). Forages: The Science of Grassland Agriculture, Volume II, Seventh Edition. Chennai, India, John Wiley & Sons Ltd. p. 595-607.

Hay, R.1990. The influence of photoperiod on the dry matter production of grasses and cereals. *New Phytologist* 116: 233-254.

Hill, JO; Coates, DB; Whitbread, AM; Clem, RL; Robertson, MJ; Pengelly, BC. 2009. Seasonal changes in pasture quality and diet selection and their relationship with live weight gain of steers grazing tropical grass and grass–legume pastures in northern Australia. *Animal Production Science* 49(11): 983-993.

Hodsgon, J. 1989. Management of grazing systems. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 50: 117-122.

Holdridge, LR. 2000. *Ecología basada en zonas de vida*. San Jose, Costa Rica, IICA.

Huston, JE; Pinchak, WE. 1991. Range Animal Nutrition. In: Heitschmidt, R.K., Stuth, J.W. (Eds), *Grazing Management: An Ecological Perspective*. Canadá. Portland: Timber Press, p. 65-83.

Iglesias, JM; Simón, L; Hernández, E; Castillo, E; Ruiz, T; Valdés, LR; Hernández, CA; Milera, M. 2011. Sistemas de producción basados en pastos, forrajes y leñosas forrajeras para la ceba vacuna. En ANDRÉ VOISIN, *Experiencia y aplicación de su obra en cuba*. Matanzas, Cuba: EEPF indio Hatuey. p. 547-558.

Keith, J; Wrage, F; Gartner, R; Butler, JL. 1994. Technical note: Inexpensive rain gauges constructed from recyclable 2-liter plastic soft drink bottles. *Journal of Range Management* 47(3): 249-250.

Korte, CJ; Chu, ACP; Field, TRO.1987. Pasture production. In Livestock Feeding on Pasture. Ed. Nicol AM. New Zealand Society of Animal Production Occasional Publication No. 10. p. 7-20.

Lambers, H; Chapin III, F S; Pons, T L. 2008. Plant Physiological Ecology, Second Edition. New York, USA, Springer Science +Business Media, LLC. 623p.

Lardy, G. 2018. Forage Nutrition for Ruminants. Publication N° AS1250, North Dakota State University.

Lascano, CE. 2000. Selective Grazing on Grass–Legume Mixtures in Tropical Pastures In: Lemaire G, Hodgson J, Moraes de A, Nabinger C, Carvalho PC de F, editors. Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Wallingford UK: CABI Publishing; 2000.p.249-263.

Lisboa V, E; Fonseca P, M; Detmann, E; Valadares F, SC; Garces C, JE; Teixeira D, IF. 2013. Requirement of energy and protein of beef cattle on tropical pasture. Acta Scientiarum Animal Sciences 35(4):417-424.

Liu, Y; Yang, X; Tian, D; Cong, R; Zhang, X; Pan, Q; Shi, Z. 2018. Resource Reallocation of Two Grass Species During Regrowth After Defoliation. Front. Plant Sci. 9:1-11.

Llamas, JO; Leonhard E, AA; Yfrán E, MM; Pereira, MM; Bernardis, AC; Fernández, JA. 2016. Evaluación de la fertilización nitrogenada sobre la producción y el valor nutritivo de *Setaria sphacelata* cv. Narok. Agrotecnia 24: 17-21.

López A, G; Núñez D, Y; Aguirre T, L; Flores M, E. 2018. Dinámica de la producción primaria y valor nutritivo de tres gramíneas tropicales (*Melinis minutiflora*, *Setaria sphacelata* y *Brachiaria mutica*) en tres estados fenológicos. Rev Inv. Vet. Perú 2018. 29(2): 396-409.

Lowe, KF; Hume, DE; Fulkerson, WJ. 2016. Forages and Pastures: Perennial Forage and Pasture Crops – Species and Varieties. Reference Module in Food Science. ELSEVIER: 1-15.

Margan, DE; Graham, NM; Minson, DJ; Searle, TW. 1988. Energy and protein values of four forages, including a comparison between tropical and temperate species. Australian Journal of Experimental Agriculture 28(6): 729-736.

Mas C. 2007. *Setaria sphacelata*. Una gramínea a tener en cuenta. Rev INIA 10: 33-36.

Mc Lean, G. 2015. Mejoramiento genético de *Setaria sphacelata*. Noticias y Comentarios, N° 520, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina.

McDowell, L.R. 1985. Nutrient Requirements of Ruminants. In Animal Feeding and Nutrition, Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates, Florida USA, Academic Press. P. 21-36.

Meat & Livestock Australia. 2006. Beef Cattle Nutrition: An introduction to the Essentials. Government Queensland. Meat & Livestock Australia. 48p. Consultado 18 octubre 2020. Disponible en: <https://futurebeef.com.au/wp-content/uploads/Beef-cattle-nutrition-An-introduction-to-the-essentials.pdf>

Meehan, M; Sedivec, KK; Printz, J; Brummer, F.2016. Determining Carrying Capacity and Stocking Rates for Range and Pasture in North Dakota. NDSU Extension service. Consultado 15 marzo 2021. Disponible en <https://www.ag.ndsu.edu/publications/livestock/determining-carrying-capacity-and-stocking-rates-for-range-and-pasture-in-north-dakota>

Mejía D, E; Mahecha L, L; Angulo A, J. 2017. Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. Agros. Mesoam. 28(2): 389-403.

Merlo M, FE; Ramírez A, LA; Ayala B, AJ; Ku V, JC. 2017. Efecto de la edad de corte y la época del año sobre el rendimiento y calidad de *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Staff en Yucatán, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science* 4(2):116-127.

Mertens, DR; Grant, RJ. 2020. Digestibility and Intake. In Moore, KJ; Collins, M; Nelson, CJ; and Daren D. Redfearn, DD (eds). *Forages: The Science of Grassland Agriculture, Volume II, Seventh Edition*. Chennai, India, John Wiley & Sons Ltd. p. 609-631.

Mijares L, H; Hernández M, O; Mendoza M, G; Vargas V, L; Aranda I, E. 2012. Cambio de peso de toretes en pastoreo en el trópico: respuesta a suplementación con bloque multinutricional. *Universidad y ciencia*, 28(1): 39-49.

Milligan, KE; Brookes, IM; Thompson, KF.1987. Feed planning on pasture. In *Livestock Feeding on Pasture*. In *Livestock Feeding on Pasture*. Ed. Nicol AM. New Zealand Society of Animal Production Occasional Publication No. 10. p. 75-88.

Minson, DJ. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. San Diego, California USA. Academic Press, Inc. 483p.

Mombiela, F. 1986. Importancia del abonado en la producción de los pastos de la zona húmeda española 16(2): 27-55.

Montanari, R; De Souza L, E; Henrique L, L; Ríos G, LT; Henrique, AF; Dalchiavon, FC. 2013. Correlación de la productividad de un forraje con las propiedades físicas de un Ultisol en Aquidauana. *Rev. Ceres, Viçosa* 60(1): 102-110.

Moraes, M.G.; Chatterton, N.J.; Harrison, P.A.; Filgueiras, T.S.; Figueiredo-Ribeiro, R. C. L. 2012. Diversity of non-structural carbohydrates in grasses (Poaceae) from Brazil. *Grass and Forage Science* 68(1):165–177.

Moreno F, LP. 2009. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana* 27(2): 179-191.

Munari E, C; Pietroski, M; De Mello P, R; Silva C, CN; Caione, G. 2017. Effect of nitrogen fertilization on productivity and quality of Mombasa forage (*Megathyrsus maximum* cv. Mombasa), Acta Agronómica 66 (1): 42 – 48.

Muñoz G, JC; Huerta B, M; Lara B, A; Rangel S, R; De la Rosa A, JL. 2016. Producción de materia seca de forrajes en condiciones de Trópico Húmedo en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (16): 3329-3341.

Ñaupari, J. 2000. Comportamiento nutricional y perfil alimentario de vacas lecheras en pastos cultivados Rye grass/trébol de la U.P. Consac. Tesis Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

Ñaupari, J.; Flores, E.1996. Análisis y diseño de planes de alimentación en pasturas. IV Congreso Nacional de Ingenieros Zootecnistas. Huancayo-Perú.

NRC (National Research Council). 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Edition, Washington, DC., USA. National Academy Press. 233 p.

Núñez D, J; Ñaupari V, J; Flores M, E. 2019. Comportamiento nutricional y perfil alimentario de la producción lechera en pastos cultivados (*Panicum maximum* Jacq). Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú, 30(1):178-192.

Núñez D, YJ. 2017. Perfil alimentario y plan de pastoreo para la producción lechera con pasturas *Panicum maximum* Jacq. Tesis Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

Onwuka, B. 2016. Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. Journal of Agricultural Science and Technology 6 (3): 89-93.

Otaiku, AA. 2018. Grazing Systems Management: Sustainable Livestock's Production and Training., Choba, Nigeria. University of Port Harcourt. 41p.

Owens, FN; Dubeski, P; Hansont, CF. 2014. Factors that Alter the Growth and development of ruminants. *J. Anim. Sci.* 71:3138-3150.

Ozkaya, S; Bozkurt, Y. 2009. The accuracy of prediction of body weight from body measurements in beef cattle. *Archiv Tierzucht* 52(4): 371-377.

Parga, J; Teuber, N; Balocchi, O; Anwandter, V; Canseco, C; Abarzúa, A; Lopetegui, J; Demanet, R. 2007. Comportamiento del animal en pastoreo. En *Manejo de pastoreo*. Gobierno de Chile. Proyecto FIA. p. 23-49.

Parker, WJ; Shadbolt, NM; Gray DI. 1997. Strategic planning in grassland farming: Principles and applications. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 59: 191–197.

Pérez, E; Soca, M; Díaz, L; Corzo, M. 2008. Comportamiento etológico de bovinos en sistemas silvopastoriles en Chiapas, México. *Pastos y Forrajes* 31(2):161-172.

Perozo B, AD. 2013. *Manejo de pastos y forrajes tropicales*. Maracaibo, Venezuela, Ediciones Astro Data S.A. 280p.

Peters, M; Franco, L H; Schmidt, A; Hincapié, B. 2003. *Especies Forrajeras Multipropósito Opciones para Productores del Trópico Americano*. Cali, Colombia, Publicación CIAT N°333. 133p.

Pinheiro M, LC. 2011. *Pastoreo Racional Voisin: Tecnología Agroecológica para el Tercer Milenio*. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio sur S.A. 256 p.

Poppi, DP; Quigley, SP; Silva, TACC; McLennan, SR. 2018. Challenges of beef cattle production from tropical pastures. *Revista Brasileira de Zootecnia* 47: 1-9.

Porto, MO; Fonseca P, M; Valadares F, S; Detmann, E; Cavali, J; Lima S, MF; Lisboa V, ÉE; Moreira C, VR. 2012. Nutritional requirements of energy, protein and macrominerals for maintenance and weight gain of young crossbred Nellore × Holstein bulls on pasture. *Revista Brasileira de Zootecnia* 41(3): 734-745.

Prache, S; Gordon, IJ; Andrew J. Rook, AJ.1988. Foraging behavior and diet selection in domestic herbivores. *Annales de zootechnie* 47: 335 - 345.

Pratt, M; Rasmussen, A. 2001. Determining your stocking rate. Utah State University Extension. Consultado el 25 de abril de 2021, disponible en: https://extension.usu.edu/rangelands/ou-files/Determine_Stocking_rate.pdf

Quispe E, CE. 2016. Efecto del pre-pastoreo con vacunos sobre las dietas de alpacas y ovinos en pastizales naturales. Tesis Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

Rahman, MM; Abdullah, RB; Wan Khadijah, WE. 2013. A review of oxalate poisoning in domestic animals: tolerance and performance aspects *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 97: 605-614.

Rahman, MM; Ikeue, M; Niimi, M; Abdullab, RB; Wan Khadijah, WE; Fukuyama, K; Kawamura, O. 2013. Case study for oxalate and related mineral contents in selected fodder plants in subtropical and tropical regions. *Assian Journal of Animal an Veterinary Advances* 8(3): 535-541.

Ramírez H, JE. 2017. Sistema de soporte de decisiones para mejorar la producción de leche al pastoreo. Tesis Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

Ramírez, RO; Hernández, GA; Carneiro Da, SS; Pérez, PJ; Enríquez, QJF; Quero, CAR; Herrera, HJG; Cervantes, NA. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características

estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) Cosechado a diferentes intervalos de corte. Técnica Pecuaria en México 47: 203-213.

Rayburn, EB; Griggs, TC. 2020. Light Interception and the Growth of Pastures under Ideal and Stressful Growing Conditions on the Allegheny Plateau. Plants 9(6): 2-19.

Rayburn, EB; Sharpe, P. 2019. Introduction to Pasture Ecology. In Sharpe, P (ed). Horse Pasture Management, Guelph, Canada, Academic Press. p. 81-91.

Reynolds, SG. 1970. The gravimetric method of soil moisture determination Part I: A study of equipment, and methodological problems. Journal of Hydrology 11(3): 258-273.

Rinehart, L. 2008. Nutrición para Rumiantes en Pastoreo. Programa de Agricultura Sostenible ATTRA –Centro Nacional de Tecnología Apropiable (NCAT). Consultado 18 octubre 2020. Disponible en: www.attra.ncat.org/espanol/rumiantes.html

Rivera C, GF. 2015. Comportamiento agronómico, composición química y degradabilidad ruminal in situ del pasto miel (*Setaria sphacelata*), Canton Pangua provincia de Cotopaxi. Tesis para optar el título de Magister en Producción Animal, Escuela Politécnica del ejército, Sangolqui, Ecuador.

Rosemberg B, M.; Flores M, A.; Scotto E, C. 2000. Producción de ganado vacuno de carne y doble propósito. Lima Perú, UNALM. 306 p.

Sánchez, J. 2007. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. En XI Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. San José, Costa Rica.

Santana, MCA; Euclides, VBP; Mancio, AB; Medeiros, SR; Costa, JAR; Oliveira, RL. 2013. Intake and performance of yearling steers grazing guinea grass (*Panicum maximum* cv.

Tanzania) pasture supplemented with different energy sources. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 26(3): 349-357.

Schaus, R.1987. Importancia de la ganadería, rol y organización de la investigación en pasturas en la Amazonia Peruana. En Curso taller sobre establecimiento, mantenimiento y producción de pasturas en la selva peruana. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 1-55.

Segura S, F.; Echeverri F, R, Patiño Ll, A.; Megia G, A.2007. Descripción y discusión acerca de los métodos de análisis de fibra y del valor nutricional de forrajes y alimentos para animales. *Revista de la facultad de química farmacéutica* 14(1):72-81.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2018. consultado el 12 de octubre del 2019. Disponible en <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?p=pronostico-detalle&dp=19&localidad=0294>.

Shao, HB; Chu, LY; Jaleel, CA; Zhao, CX. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *C.R. Biol.* 331: 215-225.

Simonetti, GD; Olivo, CJ; Seibt, DC; Bratz, VF; Sauthier, JC; Adams, CB. 2019. Productivity and nutritive value of elephant grass pastures under organic and conventional production systems. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* 91(2):1-13.

Stobbs, TH; Sandland, RL. 1972. The use of a latin square change-over design with dairy cows to detect differences in the quality of tropical pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 12: 463-469.

Tarazona, AM; Ceballos, MC; Naranjo, JF; Cuartas, CA. 2012. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. *Rev Colomb Cienc Pecu.* 25: 473 - 487.

Tilley, M.; Terry, A. 1963. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18: 104-111.

Tjardes, K; Buskirk, D; Allen, M; Tempelman, R; Bourquin, L; Rust, S. 2002. Neutral detergent fiber concentration in corn silage influences dry matter intake, diet digestibility, and performance of Angus and Holstein steers. *Journal of animal science* 80:841-846.

Toledo, JM; Morales, VA. 1979. Establishment and management of improved pastures in the Peruvian Amazon. In *Pasture production in acid soils of the tropics*. Cali, Colombia, CIAT. p.177-194.

Valenciaga, D; Chongo, B. 2004. La pared celular. Influencia de su naturaleza en la degradación microbiana ruminal de los forrajes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38 (4): 343-350.

Van Soest, PJ. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Second ed. New York: Cornell University Press. 476 pp.

Villalobos, L; Arce, J. 2014. Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense* 38(1): 133-145.

Waghorn, GC; Barry, TN. 1987. Pasture as a nutrients source. In *Livestock Feeding on Pasture*. Ed. Nicol AM. New Zealand Society of Animal Production Occasional Publication No. 10. p. 21-38.

Wayne, PT; Cecava, MJ. 1995. *Beef cattle feeding and nutrition*. Second Edition. Department of Animal Sciences Purdue University West Lafayette, Indiana ACADEMIC PRESS, INC. 389p.

White, LD; Troxel, TR. 1995. Balancing Forage Demand with Forage Supply. Texas A&M AgriLife Extension Service. E-298. Consultado 18 octubre 2020. Disponible en: <https://agrilifeextension.tamu.edu/library/ranching/balancing-forage-demand-with-forage-supply/>

WTSR (The Working Committee of Thai Feeding Standard for Ruminant). 2010. Nutrient Requirements of Beef Cattle in Indochinese Peninsula, Thailand, Klungnavitthaya Press, 160 pp.

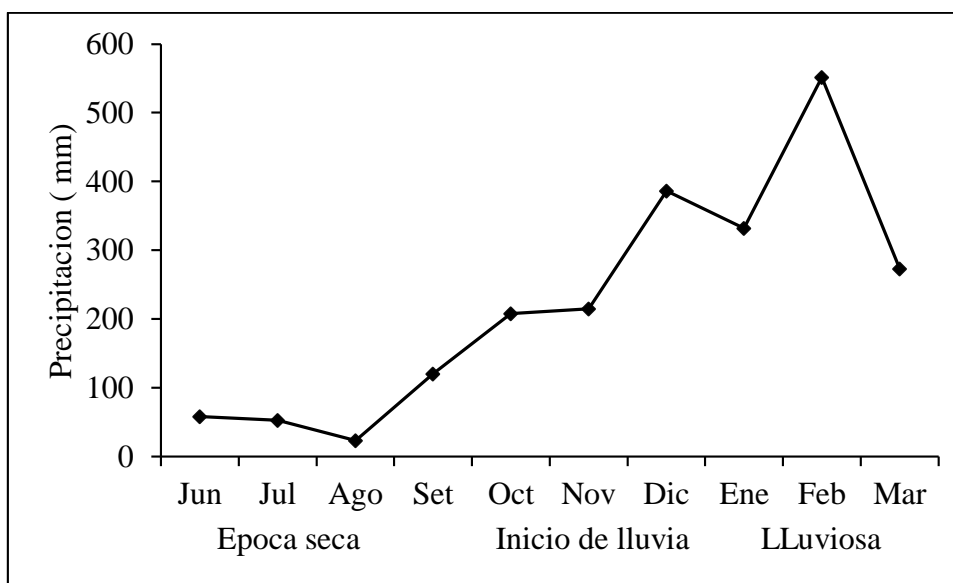
Zegarra, J; Aguilar, C; Garcia, F; Allende, R. 2002. Sistema de producción de leche en base a pastoreo intensivo en la costa de Arequipa, Perú: Modelo de simulación. *Ciencia e Investigación Agraria* 29 (1): 1-11.

Zhao, D.; MacKown, C.T.; Starks, P.J.; Kindiger, B.K. 2007. Interspecies Variation of Forage Nutritive Value and Nonstructural Carbohydrates in Perennial Cool-Season Grasses. *Agronomy Journal* 100(3):837-844.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Datos de precipitación y curva de precipitación mensual en el Fundo Carolina

Mes	PLUVIOMETRO-PPT (mm)			
	01	02	03	04
Junio	59.3	57.2	52.3	62.3
Julio	49.1	56.2	48.2	55.9
Agosto	18.2	22.9	25.8	24.4
Setiembre	117.2	124.3	115.4	123.3
Octubre	204.2	211.2	210.2	205.3
Noviembre	216.3	218.9	208.3	214.2
Diciembre	379.9	391.2	385.2	388.2
Enero	325.3	335.2	336.2	332.1
Febrero	556.1	548.3	555.2	547.3
Marzo	278.2	268.9	275.7	270.4



Anexo 2: Análisis de suelo: Caracterización del área de estudio

Análisis mecánico				
	Unidad	Muestra - 1	Muestra - 2	Muestra - 3
Arena	%	77	57	61
Limo	%	14	30	28
Arcilla	%	9	13	28
Textura		Fr.Arenoso	Fr.Arenoso	Fr.Arenoso
Análisis químico				
C.E (1:1)	dS/m	0.08	0.05	0.05
pH (1:1)		4.71	4.84	4.75
CaCO ₃	%	0	0	0
M.O.	%	7.59	9.12	6.13
P	ppm	1.8	2.6	2.4
K	ppm	65	74	80
CIC	meq/100g	16.96	18.24	16.96
Ca ⁺²	meq/100g	1.00	0.94	1.06
Mg ⁺²	meq/100g	0.32	0.27	0.28
K ⁺	meq/100g	0.16	0.22	0.45
Na ⁺	meq/100g	0.09	0.15	0.17
Al ⁺³ + H ⁺	meq/100g	0.55	0.50	0.60
Suma cationes		2.12	2.07	2.56
Suma bases		1.57	1.57	1.96
Sat. De bases	%	9	9	12

Anexo 3: Base de datos de Temperatura de suelo y humedad del suelo

Excluidor	Temperatura del suelo °C						
	Época seca			Inicio de lluvias		Época Lluviosa	
	0	45	90	135	180	225	270
01	16.33	16.50	17.88	17.50	18.00	17.00	17.50
02	17.00	18.00	18.60	17.45	18.25	17.13	17.69
03	16.50	17.00	17.98	16.68	18.25	17.25	17.75
04	16.33	16.90	17.83	17.00	18.13	16.88	17.50
05	16.33	17.00	17.63	16.25	17.38	16.63	17.00
06	15.83	16.80	17.50	16.75	17.75	16.63	17.19
07	15.83	16.10	17.75	16.75	17.75	16.50	17.13
08	16.17	16.50	17.73	17.15	17.50	16.75	17.13
09	16.00	16.00	18.25	16.88	18.00	16.88	17.44
10	16.33	17.00	18.13	16.88	17.50	17.25	17.38
11	16.33	16.00	17.83	16.60	17.63	16.50	17.06

Excluidor	Humedad del suelo %						
	Época seca			Inicio de lluvias		Época Lluviosa	
	0	45	90	135	180	225	270
01	55.18	45.08	52.78	58.52	59.62	62.72	61.17
02	53.83	39.48	47.93	62.35	64.54	66.86	65.70
03	54.65	32.78	46.50	58.86	71.07	67.05	69.06
04	54.85	40.00	48.63	72.40	63.79	77.10	70.44
05	53.18	37.45	41.10	70.87	59.00	70.86	64.93
06	46.60	25.10	42.08	60.13	52.28	61.16	56.72
07	54.90	36.20	46.33	56.46	70.62	71.38	71.00
08	48.70	34.55	44.73	55.29	56.74	66.55	61.65
09	55.28	40.45	53.20	67.81	64.74	66.45	65.59
10	56.35	28.90	44.28	58.36	71.63	62.86	67.24
11	49.25	39.28	54.18	60.26	62.40	68.78	65.59

Anexo 4: Cuadro de análisis de varianza para temperatura de suelo

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Tiempo (días)	6	24.15	4.03	< .0001	**
Error	70	9.27	0.13		
Total	76	33.42			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.72
Coefficiente de variabilidad %	2.12
Promedio °C	17.1

Letra	Promedio	Tiempo (días)
a	17.91	90
a	17.82	180
b	17.34	270
c	16.89	135
c	16.85	225
c	16.70	45
d	16.27	0
desviación estándar \pm	0.60	

Anexo 5: Cuadro de análisis de varianza para la humedad del suelo

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Tiempo (días)	6	8547.71	1424.61	< .0001	**
Error	70	1737.13	24.81		
Total	76	10284.84			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.83
Coefficiente de variabilidad %	8.83
Promedio %	56.39

Letra	Promedio	Tiempo (días)
a	67.43	225
ab	65.37	270
ab	63.30	180
b	61.90	135
c	52.90	0
d	47.42	90
e	36.29	45
desviación estándar \pm	11.38	

Anexo 6: Base de datos de tasas de crecimiento del pasto

Excluidor	Crecimiento (Kg MS/ha/día)					
	Época seca		Inicio de lluvias		Época Lluviosa	
	45	90	135	180	225	270
01	11.52	9.06	25.74	16.55	16.19	14.42
02	16.29	9.69	31.80	27.23	28.49	27.00
03	10.60	13.23	20.82	9.77	12.79	9.44
04	12.48	10.40	29.21	20.98	19.21	13.26
05	15.10	13.19	25.86	34.14	12.88	11.82
06	24.33	11.85	35.05	29.32	34.85	38.59
07	11.75	10.48	31.88	35.75	40.15	30.97
08	19.52	10.19	26.74	31.81	49.20	60.98
09	15.63	14.48	27.78	15.53	14.88	12.65
10	12.83	10.69	28.04	19.64	14.88	19.53
11	8.71	10.90	27.15	16.19	14.09	9.16

Anexo 7: Cuadro de análisis de varianza para la tasa de crecimiento de pasto

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Tiempo (días)	5	2257.87	451.57	0.0001	**
Error	60	3725.82	62.09		
Total	65	5983.70			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.38
Coefficiente de variabilidad %	38.11
Promedio	20.67

Letra	Promedio	Tiempo (días)
a	28.18	135
a	23.42	225
a	23.39	270
a	23.34	180
b	14.43	45
b	11.30	90
desviación estándar \pm	6.41	

Anexo 8: Base de datos de disponibilidad de forraje

Cuadrante	Disponibilidad de forraje (Kg MS/ha)					
	Época seca		Inicio de lluvias		Época Lluviosa	
	45	90	135	180	225	270
01	1704.8	1912.2	2650.8	2738.0	2004.5	2025.8
02	1769.3	1333.1	2585.7	2781.1	2488.5	2439.8
03	1794.3	973.3	3028.3	3137.6	2458.5	2407.8
04	1414.8	1494.0	2954.1	3065.3	2982.5	3147.8
05	1756.4	2266.1	2886.3	2592.0	2812.5	2537.8
06	1756.4	1622.7	2394.3	2791.4	2796.5	2569.8
07	2768.1	1107.9	2781.8	2936.9	2436.5	2501.8
08	3960.3	3115.5	3016.1	3459.8	2432.5	2683.8
09	2478.1	2362.7	2851.1	2931.2	2828.5	2451.8
10	2091.5	1011.4	2535.7	2768.3	2298.5	2395.8
11	1892.0	1990.3	2721.6	2228.4	2134.2	1912.3

Anexo 9: Cuadro de análisis de varianza de la disponibilidad de forraje

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Tiempo (días)	5	9491545.27	1898309.05	< .0001	**
Error	60	12972453.62	216207.56		
Total	65	22463998.89			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.42
Coefficiente de variabilidad %	19.28
Promedio	2411.5

Letra	Promedio	Tiempo (días)
a	2857.27	180
a	2764.16	135
ab	2515.75	225
ab	2461.30	270
bc	2126.00	45
c	1744.47	90
desviación estandar \pm	415.42	

Anexo 10: Base de datos del valor nutritivo de la dieta

Época	Días	Torete	Proteína cruda %	DIVMO %	Energía Metabolizable MJ/Kg MS
Seca	45	01	13.4	73.22	11.72
		02	14.02	72.5	11.60
		03	13.66	72.63	11.62
		04	13.85	74.95	11.99
	90	01	12.07	68.33	10.93
		02	12.21	69.82	11.17
		03	12.74	64.94	10.39
		04	14.05	74.25	11.88
Inicio de Lluvias	135	01	12.17	69.22	11.08
		02	13.36	65.46	10.47
		03	12.8	69.22	11.08
		04	13.36	72.18	11.55
	180	01	12.97	73.36	11.74
		02	13.86	77.73	12.44
		03	14.12	75.88	12.14
		04	13.4	75.83	12.13
Lluviosa	225	01	13.86	73.61	11.78
		02	13.54	71.22	11.40
		03	12.61	71.31	11.41
		04	13.58	71.52	11.44
	270	01	12.78	71.26	11.40
		02	13.76	72.96	11.67
		03	12.92	72.09	11.53
		04	12.77	71.59	11.45

Anexo 11: Cuadro de análisis de varianza de la proteína cruda

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Época	5	2.982	0.596	0.1631	NS
Error	18	5.953	0.330		
Total	23	8.9347			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.33
Coefficiente de variabilidad %	4.34
Promedio (Kg)	13.24

Letra	Promedio	Época (días)
a	13.732	45
ab	13.580	180
ab	13.390	225
ab	13.050	270
ab	12.920	135
b	12.760	90
desviación estándar \pm	0.39	

Anexo 12: Cuadro de análisis de varianza de la DIVMO

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Época	5	125.3891	25.077	0.0039	**
Error	18	86.439	4.802		
Total	23	211.828			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.59
Coefficiente de variabilidad %	3.04
Promedio (Kg)	71.88

Letra	Promedio	Época (días)
a	75.70	180
ab	73.33	45
bc	71.97	270
bc	71.91	225
c	69.33	90
c	69.02	135
desviación estándar \pm	2.51	

Anexo 13: Cuadro de análisis de varianza para energía metabolizable

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Época	5	3.209	0.641	0.0039	**
Error	18	2.212	0.122		
Total	23	5.422			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.59
Coefficiente de variabilidad %	3.04
Promedio (Kg)	11.5

Letra	Promedio	Época (días)
a	12.11	180
ab	11.73	45
bc	11.51	270
bc	11.50	225
c	11.09	90
c	11.04	135
desviación estándar \pm	0.40	

Anexo 14: Base de datos de selectividad de la dieta

Época	Días	Toros	Hoja (%)	Tallo (%)	Verde (%)	Seco (%)
Seca	45	01	100	0	97	3
		02	98	2	96	4
		03	100	0	99	1
		04	99	1	97	3
	90	01	100	0	94	6
		02	98	2	97	3
		03	96	4	95	5
		04	100	0	96	4
Inicio de lluvia	135	01	97	3	94	6
		02	99	1	95	5
		03	97	3	88	12
		04	98	2	86	14
	180	01	99	1	95	5
		02	100	0	99	1
		03	97	3	97	3
		04	99	1	97	3
Lluviosa	225	01	97	3	86	14
		02	99	1	88	12
		03	100	0	95	5
		04	99	1	93	7
	270	01	98	2	97	3
		02	97	3	96	4
		03	100	0	94	6
		04	100	0	94	6

Anexo 15: Cuadro de análisis de varianza de las hojas

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Época	5	4.8800	0.9800	0.7465	NS
Error	18	32.7500	1.8200		
Total	23	37.6300			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.13
Coefficiente de variabilidad %	1.37
Promedio (%)	98.6

Letra	Promedio	Época (días)
a	99.25	45
a	98.75	270
a	98.75	225
a	98.75	180
a	98.50	90
a	97.75	135
desviación estándar \pm	0.49	

Anexo 16: Cuadro de análisis de varianza de los tallos

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Época	5	4.88	0.98	0.7465	NS
Error	18	32.75	1.82		
Total	23	37.63			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.13
Coefficiente de variabilidad %	98.1
Promedio (%)	1.37

Letra	Promedio	Época (días)
a	2.25	135
a	1.50	90
a	1.25	225
a	1.25	180
a	1.25	270
a	0.75	45
desviación estándar \pm	0.49	

Anexo 17: Cuadro de análisis de varianza para las partes de forraje verde

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Época	5	181.38	36.28	0.0058	**
Error	18	136.25	7.57		
Total	23	317.63			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.57
Coefficiente de variabilidad %	2.92
Promedio (%)	94.37

Letra	Promedio	Epoca (días)
a	97.250	45
a	97.000	180
a	95.500	90
a	95.250	270
b	90.750	135
b	90.500	225
desviación estándar \pm	3.01	

Anexo 18: Cuadro de análisis de varianza para las partes de forraje seco

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Época	5	181.38	36.28	0.0058	**
Error	18	136.25	7.57		
Total	23	317.63			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.57
Coefficiente de variabilidad %	48.9
Promedio (Kg)	5.625

Letra	Promedio	Época (días)
a	9.500	225
a	9.250	135
b	4.750	270
b	4.500	90
b	3.000	180
b	2.750	45
desviación estándar \pm	3.01	

Anexo 19: Base de datos de la utilización de la pradera

Cuadrante	Utilización de la pradera (%)		
	Época seca	Inicio de lluvias	Época lluviosa
01	17.6	36.4	49.5
02	53.4	33.1	42.7
03	74.1	31.1	43.3
04	30.3	31.8	28.4
05	0	46.6	45.8
06	36.5	27.3	44.4
07	78.3	32.2	38.9
08	34.2	20.1	31.3
09	25.2	34.1	49.2
10	75.9	32.3	39.9

Anexo 20: Cuadro de análisis de varianza de la utilización de la pradera

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	601.291	300.645	0.3455	NS
Error	27	7342.248	271.935		
Total	29	7943.539			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.08
Coefficiente de variabilidad %	45.51
Promedio (%)	38.79

Letra	Promedio	Época (días)
a	42,54	Seca
a	41.34	Lluviosa
a	32.50	Inicio de lluvias
desviación estándar \pm	6.25	

Anexo 21: Base de datos de consumo de materia seca

Época	Torete	Peso (Kg)	Tiempo de pastoreo (hora)	Nº de bocados (boc./min)	Tamaño de bocado (gr)	Consumo KgMS/día	Consumo (% pv)
Seca	01	281.9	7.0	34.9	0.5	7.6	2.7
	02	268.0	8.5	33.7	0.5	8.6	3.2
	03	249.9	5.5	38.0	0.6	7.9	3.2
	04	342.3	5.6	32.9	0.7	8.5	2.5
Inicio de Lluvias	01	350.0	7.4	39.6	0.6	10.1	2.9
	02	303.2	8.2	32.1	0.5	8.2	2.7
	03	311.7	6.4	34.9	0.7	9.8	3.1
	04	433.0	6.5	35.8	0.9	12.7	2.9
Lluviosa	01	423.0	6.6	34.9	0.7	10.1	2.4
	02	383.3	7.7	33.6	0.7	11.0	2.9
	03	393.1	6.7	41.1	0.9	13.9	3.5
	04	508.8	5.7	31.6	1.2	12.7	2.5

Anexo 22: Análisis de varianza de consumo de los toretes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	29.00	14.5	0.017	*
Error	9	19.70	2.19		
Total	11	48.70			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.6
Coefficiente de variabilidad %	14.67
Promedio	10.09

Letra	Promedio	Época (días)
a	11.94	Lluviosa
ab	10.19	Inicio de lluvias
b	8.14	Seca
desviación estándar \pm	1.90	

Anexo 23: Base de datos de peso vivo y el animal

Epoca	Dias	Torete	Peso vivo (Kg)	Ganancia de peso diario (Kg)
Seca	0	01	249.9	
		02	244.2	
		03	216.4	
		04	296.3	
	45	01	281.9	0.8
		02	268.0	0.6
		03	249.9	0.9
		04	342.3	1.2
	90	01	325.8	0.9
		02	290.8	0.5
		03	279.6	0.6
		04	375.5	0.7
Inicio de Lluvias	135	01	350.0	0.6
		02	303.2	0.3
		03	311.7	0.8
		04	433.0	1.4
	180	01	391.6	0.8
		02	353.5	1.0
		03	351.5	0.8
		04	478.1	0.9
Lluviosa	225	01	423.0	0.7
		02	383.3	0.7
		03	393.1	1.0
		04	508.8	0.7
	270	01	478.9	1.2
		02	421.9	0.8
		03	422.2	0.6
		04	519.4	0.2

Anexo 24: Cuadro de análisis de varianza del peso vivo de los toretes

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Época	6	138963.74	23160.62	<.0001	**
Error	21	51289.4	2442.35		
Total	27	190253.14			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coeficiente de determinación (R^2)	0.73
Coeficiente de variabilidad %	13.92
Promedio (Kg)	355.14

Letra	Promedio	Época (días)
a	460.60	270
a	427.05	225
ab	393.68	180
bc	349.48	135
cd	317.93	90
cd	285.53	45
d	251.70	0
desviación estándar \pm	76.09	

Anexo 25: Cuadro de análisis de varianza de la ganancia de peso

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	Probabilidad	Significancia
Época	5	0.18	0.04	0.8047	NS
Error	18	1.44	0.08		
Total	23	1.63			

NS : no significativo ($p > 0.05$)

* : significativo ($p < 0.05$)

** : altamente significativo ($p < 0.01$)

Coefficiente de determinación (R^2)	0.11
Coefficiente de variabilidad %	36.33
Promedio (Kg)	0.78

Letra	Promedio	Época (días)
a	0.90	180
a	0.87	45
a	0.80	225
a	0.75	135
a	0.72	270
a	0.65	90
desviación estándar \pm	0.09	

Anexo 26: Base de datos de medidas corporales de los toretes

Época	Días	Toros	Perímetro toraxico (cm)	Altura de cruz (cm)	Altura de grupa (cm)	Ancho de grupa (cm)	Largo corporal (cm)
Seca	0	01	149	117	125	35	130
		02	148	123	130	32	126
		03	147	118	125	35	121
		04	153	124	134	36	135
	45	01	153	119	127	37	133
		02	150	126	132	33	129
		03	152	118	125	37	124
		04	160	127	137	39	137
	90	01	157	123	128	37	139
		02	154	126	133	33	130
		03	157	119	126	35	125
		04	165	130	141	39	138
Inicio de lluvia	135	01	160	125	130	38	141
		02	155	127	137	35	132
		03	159	122	131	37	131
		04	171	136	142	41	144
	180	01	165	128	133	38	145
		02	162	134	140	37	133
		03	164	124	133	41	135
		04	176	141	145	43	148
Lluviosa	225	01	170	130	136	43	146
		02	165	136	142	37	137
		03	169	127	134	41	139
		04	181	141	147	46	150
	270	01	178	131	137	48	151
		02	169	137	141	42	143
		03	172	127	136	42	144
		04	182	141	148	47	152

Anexo 27: Requerimientos diarios de Energía metabolizable y Proteína cruda

Época	Días	Torete	PV (Kg)	GPD (Kg)	EM (MJ)	PC (gr)
Seca	45	01	285.5	0.87	78.1	860.4
		02	268.0	0.61	59.6	721.1
		03	249.9	0.86	70.1	850.6
		04	342.3	1.18	112.9	1131.5
	90	01	325.8	0.88	86.9	937.7
		02	290.8	0.46	55.2	655.2
		03	279.6	0.59	60.7	724.0
		04	375.5	0.66	80.7	858.1
Inicio de Lluvias	135	01	350.0	0.58	70.8	782.3
		02	303.2	0.29	48.7	571.4
		03	311.7	0.76	76.5	857.0
		04	433.0	1.37	152.8	1326.7
	180	01	391.6	0.85	97.3	982.2
		02	353.5	1.03	103.5	1051.1
		03	351.5	0.81	87.2	923.5
		04	478.1	0.92	119.7	1102.3
Lluviosa	225	01	423.0	0.75	94.9	951.6
		02	383.3	0.71	85.2	892.2
		03	393.1	0.99	109.1	1067.0
		04	508.8	0.73	107.4	1017.2
	270	01	478.9	1.19	146.2	1262.0
		02	421.9	0.82	100.7	994.3
		03	422.2	0.62	84.6	874.2
		04	519.4	0.23	68.2	728.4

Anexo 28: Resultados de análisis químico de las dietas (LENA)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN
LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

INFORME DE ENSAYO LENA N° 1206/2020

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO

CÓDIGO	AQ20-1206/01	AQ20-1206/02	AQ20-1206/03	AQ20-1206/04	AQ20-1206/05	AQ20-1206/06
MUESTRA	D-03-N	D-02-D	D-04-S	D-01-D	D-03-F	D-01-F
a.- PROTEÍNA TOTAL (N x 6.25), %	12.08	13.86	14.05	12.97	12.61	13.86
b.- DIVMO, %	69.22	77.73	74.25	73.36	71.31	73.61

CÓDIGO	AQ20-1206/07	AQ20-1206/08	AQ20-1206/09	AQ20-1206/10	AQ20-1206/11	AQ20-1206/12
MUESTRA	D-03-D	D-04-D	D-04-F	D-01-M	D-01-N	D-02-M
a.- PROTEÍNA TOTAL (N x 6.25), %	14.12	13.40	13.58	12.78	12.17	13.76
b.- DIVMO, %	75.88	75.83	71.52	71.26	69.22	72.96

CÓDIGO	AQ20-1206/13	AQ20-1206/14	AQ20-1206/15	AQ20-1206/16	AQ20-1206/17	AQ20-1206/18
MUESTRA	D-03-M	D-02-F	D-04-N	D-04-M	D-02-A	D-03-A
a.- PROTEÍNA TOTAL (N x 6.25), %	12.92	13.54	13.36	12.77	14.02	13.66
b.- DIVMO, %	72.09	71.22	72.18	71.59	72.50	72.63

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN
LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"


INFORME DE ENSAYO LENA N° 1206/2020

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO


CÓDIGO	AQ20-1206/19	AQ20-1206/20	AQ20-1206/21	AQ20-1206/22	AQ20-1206/23	AQ20-1206/24
MUESTRA	D-04-A	D-02-N	D-01-A	D-01-S	D-03-S	D-02-S
a.- PROTEÍNA TOTAL (N x 6.25), %	13.85	13.36	13.40	12.07	12.74	12.21
b.- DIVMO, %	74.95	65.46	73.22	68.33	64.94	69.82

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830

Anexo 29: Resultado de análisis Suelos del área de estudio (LASPAF)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : **ROLANDO AZANIA FABIAN**

Departamento : **PASCO** Provincia : **OXAPAMPA**
 Distrito : **HUANCABAMBA** Predio : **SECTOR NAVARRA**
 Referencia : **H.R. 64859-128SC-18** Bolt: 1870 Fecha : **11/09/18**

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
11484	N°1, APAN-P1	4.71	0.08	0.00	7.59	1.8	65	77	14	9	Fr.A.	16.96	1.00	0.32	0.16	0.09	0.55	2.12	1.57	9
11485	N°2, APAN-P2	4.84	0.05	0.00	9.12	2.6	74	57	30	13	Fr.A.	18.24	0.94	0.27	0.22	0.15	0.50	2.07	1.57	9
11486	N°3, APAN-P3	4.75	0.05	0.00	6.13	2.4	80	61	28	11	Fr.A.	16.96	1.06	0.28	0.45	0.17	0.60	2.56	1.96	12

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe