

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**



**“PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y PERFIL NUTRITIVO DE
TORETES EN ENGORDE AL PASTOREO EN PRADERAS
ASOCIADAS EN LA SIERRA CENTRAL”**

Presentada por:

JORGE AUGUSTO GAMARRA BOJÓRQUEZ

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE EN NUTRICIÓN**

Lima– Perú

2023

Tesis Posgrado Gamarra

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	1library.co Fuente de Internet	2%
2	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
4	www.colibri.udelar.edu.uy Fuente de Internet	1%
5	sisbib.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	helvia.uco.es Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	biblioteca.inia.cl Fuente de Internet	<1%
9	tumi.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN**

**“PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y PERFIL NUTRITIVO DE
TORETES EN ENGORDE AL PASTOREO EN PRADERAS
ASOCIADAS EN LA SIERRA CENTRAL”**

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

Presentada por:

JORGE AUGUSTO GAMARRA BOJÓRQUEZ

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Carlos Gómez Bravo
PRESIDENTE

Ph.D. Enrique Flores Mariazza
ASESOR

Ph.D. Mariano Echevarría Rojas
MIEMBRO

Ph.D. Javier Ñaupari Vásquez
MIEMBRO

Ph.D. Víctor Guevara Carrasco
CO-ASESOR

DEDICATORIA

En memoria de mis queridos padres, por el gran esfuerzo y desinterés de haberme otorgado las condiciones para educarme e instruirme satisfactoriamente.

A mi esposa Sabel, por el apoyo moral y espiritual que son siempre una fuente inagotable de motivación para seguir adelante.

A mis hermanos Isabel, Teresa y Ricardo por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento, gracias.

AGRADECIMIENTOS

De manera especial a mi asesor de tesis Ph.D. Enrique Flores Mariazza, por haberme guiado, no solo en la elaboración de esta investigación, sino a lo largo de mi carrera profesional y haberme brindado el apoyo para continuar desarrollándome profesionalmente.

A los integrantes del jurado, Ph.D. Víctor Guevara Carrasco (Co- asesor), Ph.D. Carlos Gómez Bravo, Ph.D. Mariano Echevarría Rojas y Ph.D. Javier Ñaupari Vásquez; por su tiempo y los aportes para lograr este trabajo.

Al Mg.Sc. Percy Avalos Ortiz, por su ayuda en la colección de los datos de campo y por sus sinceros consejos de amigo.

A la gerencia de la SAIS Pachacútec, por prestar las facilidades de alojamiento y alimentación para el uso del área de pastos cultivados de “Cashapata” en la U.P. de Conocancho.

Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONCYTEC por el financiamiento parcial del estudio para el análisis de proteína cruda y digestibilidad *in-vitro* de la materia orgánica de las muestras de pasto colectadas durante la investigación.

A mis amigos Ph.D. Fritz Trillo, Ph.D. Cecilio Barrantes y Mg.Sc. José Cántaro por el apoyo en la elaboración en la fase de gabinete de esta tesis.

A mi amiga Ing. Carmen Silva del Programa de Ovinos y Camélidos Americanos por su apoyo incondicional en la fase de gabinete en el presente estudio.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. AUTO ECOLOGÍA DE LAS ESPECIES QUE COMPONEN LA PASTURA.....	3
2.1.1. Rye grass italiano (<i>Lolium multiflorum</i>)	3
2.1.2. Rye grass inglés (<i>Lolium perenne</i>)	4
2.1.3. Rye grass híbrido (<i>Lolium x boucheanum</i>)	5
2.1.4. Pasto ovilla (<i>Dactylis glomerata</i>)	5
2.1.5. Trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>)	6
2.1.6. Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>)	7
2.2. VALOR NUTRITIVO DE LA PASTURA.....	8
2.3. REQUERIMIENTO ENERGÉTICO DEL VACUNO EN CRECIMIENTO Y ENGORDE	12
2.4. VACUNOS EN CRECIMIENTO Y ENGORDE EN PASTURAS.....	14
2.5. PLANIFICACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN EN BASE A PASTURAS.....	19
2.5.1. Oferta de forraje	19
2.5.2. Demanda de forraje	24
2.5.3. Perfiles de alimentación	25
2.5.4. Presupuestos de alimentación	27
2.5.5. Planes de pastoreo	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EXPERIMENTAL	30
3.2. DURACIÓN	31
3.3. EQUIPOS Y MATERIALES	31
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	32
3.4.1. Temperatura y humedad del suelo	32
3.4.2. Tasa de crecimiento y disponibilidad del forraje	33
3.4.3. Valor energético y proteico del forraje	34
3.4.4. Elaboración del perfil de alimentación	36
3.4.5. Elaboración del presupuesto de alimentación	37
3.4.6. Elaboración del plan de pastoreo	39

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	43
4.1. TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL SUELO	43
4.1.1 Temperatura	43
4.1.2 Humedad	44
4.2. TASA DE CRECIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE FORRAJE.....	46
4.2.1. Crecimiento	46
4.2.2. Predicción de la tasa de crecimiento	49
4.2.3. Disponibilidad de forraje	50
4.3. PERFIL ALIMENTARIO	51
4.4. PRESUPUESTO ALIMENTARIO	55
4.5. PLAN DE PASTOREO	59
V. CONCLUSIONES.....	61
VI. RECOMENDACIONES	62
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
VIII. ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Efecto de la estacionalidad en la composición de la pastura asociada	10
Tabla 2: Variación mensual de valor nutritivo del forraje e ingesta de la pastura asociada	12
Tabla 3: Requerimientos de EM para vacunos en crecimiento (MJ EM/d)	13
Tabla 4: Relación entre la ganancia de peso vivo del vacuno en crecimiento y la masa del forraje residual.....	15
Tabla 5: Valor nutritivo y energético del forraje disponible del campo “Cashapata” en la UP Conocancha	35
Tabla 6: Modelos predictivos lineales (L) y polinomiales (P) de la tasa de crecimiento....	49
Tabla 7: Perfil alimentario para un hato de toretes en crecimiento y engorde, en la U.P. Conocancha	54
Tabla 8: Presupuesto alimentario para el periodo de lluvia, en la U.P. Conocancha	56
Tabla 9: Presupuesto alimentario para periodo seco, en la U.P. Conocancha.....	58
Tabla 10: Plan de pastoreo para el módulo de toretes de 25 ha, en la U.P Conocancha.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Producción mensual de materia seca kg/ha/día. Adaptado de Bojórquez et al. (2015).	20
Figura 2: Oferta y demanda de forraje en la época lluviosa.....	26
Figura 3: Mapas de ubicación SAIS Pachacútec Ltda. N° 7	30
Figura 4: Variación mensual de la temperatura del suelo.	43
Figura 5: Variación mensual de la humedad del suelo.....	45
Figura 6: Variación mensual de la tasa de crecimiento del forraje.	47
Figura 7: Variación mensual de la disponibilidad del forraje.	51
Figura 8: Balance entre la oferta y la demanda del forraje.....	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis de suelo – caracterización del área experimental “Cachapata” de la U.P. Conocancha.	68
Anexo 2: Estimación del peso vivo promedio de los toretes a inicio de verano (diciembre) e inicio de invierno (mayo) en la U.P. Conocancha.....	69
Anexo 3: Requerimientos de energía metabolizable (MJ / día) de ganado para mantenimiento y crecimiento.	70
Anexo 4: Variación mensual de la temperatura y humedad del suelo en el campo "Cachapata", de la U.P. Conocancha.....	71
Anexo 5: Efecto de la influencia de la interacción entre la profundidad de muestreo, y la temperatura y humedad del suelo, en el campo "Cachapata" de la U.P. Conocancha.	72
Anexo 6: Base de datos de la temperatura del suelo, del campo "Cachapata" de la U.P. Conocancha.	73
Anexo 7: Análisis de variancia y prueba de significancia de medias para temperatura del suelo.....	74
Anexo 8: Base de datos de la humedad del suelo, del campo "Cachapata" de la U.P. Conocancha.	75
Anexo 9: Análisis de variancia y prueba de significancia de medias para humedad del suelo.	76
Anexo 10: Variación mensual de la tasa de crecimiento y disponibilidad de forraje en el campo "Cachapata", de la U.P. Conocancha.....	77
Anexo 11: Base de datos de la tasa de crecimiento del forraje del campo "Cachapata" de la U.P. Conocancha.	78
Anexo 12: Análisis de variancia y prueba de significancia de medias para la tasa de crecimiento.	79
Anexo 13: Regresión lineal y polinomial para Temperatura y Humedad.	80
Anexo 14: Base de datos de disponibilidad de forraje, del campo "Cachapata" de la U.P. Conocancha.	85
Anexo 15: Análisis de variancia y prueba de significancia de medias para la disponibilidad de forraje.....	86
Anexo 16: Requerimientos de energía metabolizable de los toretes para mantenimiento y crecimiento durante los tres periodos de alimentación por año.....	87

Anexo 17: Requerimiento diario de forraje para toretes adicionales en el presupuesto del periodo de lluvia, en la UP Conocancha.....	87
--	----

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la tasa de crecimiento (TC) de una pastura asociada y su relación con la temperatura (Te) y humedad del suelo (Hd), la disponibilidad forrajera y proponer tres planes de alimentación: perfil alimentario, presupuesto y plan de pastoreo óptimos para un hato de toretes en engorde. El área experimental tenía 25 has de una asociación de *Dactylis glomerata*, 54.7 por ciento; *Trifolium repens*, 30.6 por ciento; *Trifolium pratense*, 8.0 por ciento; *Lolium perenne*, 3.0 por ciento; *Lolium multiflorum*, 0.6 por ciento; y nativas, 3.1 por ciento. Para tal efecto se utilizaron termómetros, vasos plásticos, jaulas de crecimiento de forraje y un cuadrante de corte de forraje. Las temperaturas y humedades del suelo fueron analizadas bajo un Diseño Completo al Azar con Arreglo Factorial 12 x 2, y para las tasas de crecimiento y disponibilidad de forraje un Diseño Completamente Randomizado, las diferencias de medias fueron detectadas con la prueba de DLS a un $\alpha = 0.05$; para el análisis de regresión entre TC, Te y Hd se usaron tres modelos de Regresión Lineal (L1, L2, y L3) y dos Polinomial (P1 y P2). Los mayores niveles de temperatura y humedad se registraron en los meses de verano (periodo lluvioso), ocurriendo lo mismo con la tasa de crecimiento y disponibilidad de forraje. La temperatura (11.2°C) siempre se mantuvo por encima del mínimo (10°C) y la humedad (27.9 por ciento) no registró niveles cercanos a la capacidad de campo (60 por ciento). La tasa de crecimiento de forraje osciló entre 6.9 en julio y 43.7 kg MS/ha/día en febrero correspondiendo los valores más altos a los meses de lluvia. El mejor modelo para la predicción de TC resultó el L3 donde: $TC = -14.91 + 1.41Hd$ con un $r^2 = 0.189$. La disponibilidad de pasto osciló entre 1301 en julio y 3048 kg MS/ha en mayo, mostrando un crecimiento no uniforme. El perfil alimentario reveló una época de excedente de forraje en el periodo lluvioso y otra de déficit en el periodo seco y planteó cargas potenciales para tres periodos de engorde por año, noviembre-febrero, marzo-junio y julio-octubre a razón de 3.14, 2.44 y 1.60 toretes/ha respectivamente. Se concluye que la limitante que afecta el incremento de peso de los toretes y su producción por ha es la baja energía del pasto causada por la aplicación de una baja carga de toretes en el periodo lluvioso que origina la acumulación de material senescente e inhibe la tasa de crecimiento del forraje.

Palabras clave: Pasturas, crecimiento, disponibilidad, perfil alimentario, toretes, pastoreo

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the growth rate (TC) of an associated pasture and its relationship with temperature (Te) and soil humidity (Hd), forage availability and propose three feeding plans: food profile, budget and Optimal grazing plan for a herd of fattening bulls. The experimental area had 25 hectares of an association of *Dactylis glomerata*, 54.7 percent; *Trifolium repens*, 30.6 percent; *Trifolium pratense*, 8.0 percent; *Lolium perenne*, 3.0 percent; *Lolium multiflorum*, 0.6 percent; and native, 3.1 percent. For this purpose, thermometers, plastic cups, forage growth cages and a forage cutting quadrant were used. Soil temperatures and humidity were analyzed under a Complete Randomized Design with a 12 x 2 Factorial Arrangement, and for growth rates and forage availability a Completely Randomized Design, the differences in averages were detected with the DLS test at an $\alpha = 0.05$; For the regression analysis between TC, Te and Hd, three Linear Regression models (L1, L2, and L3) and two Polynomial models (P1 and P2) were used. The highest levels of temperature and humidity were recorded in the summer months (rainy period), the same occurring with the growth rate and availability of forage. The temperature (11.2°C) always remained above the minimum (10°C) and the humidity (27.9 percent) did not register levels close to field capacity (60 percent). The forage growth rate ranged between 6.9 in July and 43.7 kg MS/ha/day in February, with the highest values corresponding to the rainy months. The best model for TC prediction was L3 where: $TC = -14.91 + 1.41Hd$ with $r^2 = 0.189$. Grass availability ranged between 1301 in July and 3048 kg DM/ha in May, showing non-uniform growth. The feeding profile revealed a period of surplus forage in the rainy period and another of deficit in the dry period and raised potential loads for three fattening periods per year, November-February, March-June and July-October at a rate of 3.14, 2.44 and 1.60 bulls/ha respectively. It is concluded that the limitation that affects the increase in weight of the bulls and their production per hectare is the low energy of the pasture caused by the application of a low load of bulls in the rainy period, which causes the accumulation of senescent material and inhibits the rate. forage growth.

Keywords: Pastures, growth, availability, feeding profile, bullocks, grazing

I. INTRODUCCIÓN

El engorde intensivo de ganado vacuno se constituye como una actividad zootécnica, de tecnología media a alta, practicada expansivamente dentro del departamento de Lima (y en algunos otros departamentos de la costa); cuyo mercado, históricamente, aún exhibe una demanda insatisfecha; debido a que la producción todavía resulta inferior a la demanda, y a que la tasa poblacional supera al índice de crecimiento productivo.

En su mayoría, el ganado que ingresa a los centros de engorde limeños proviene de la sierra central, selva y costa norte del país; y son alimentados con insumos propios de la zona, tales como la harina de pescado residual, pasta o pepa de algodón, gallinaza, sub-producto de trigo, melaza, panca y coronta molida; suplementos minerales y vitamínicos, y promotores de crecimiento, principalmente; además de la utilización de vacunas, antiparasitarios y estimulantes del apetito. Sin duda, el proceso de engorde intensivo es una actividad rentable, a razón del “crecimiento compensatorio” que tienen los animales que han permanecido expuestos a un periodo largo de sub-alimentación, alcanzando pesos similares a aquellos que no estuvieron expuestos a déficit alimentarios.

Sin embargo, se ha demostrado diferencias en la calidad de la carne con respecto a la de animales que solo se alimentan de forrajes frescos (verdes) referido a la composición de la grasa, catalogadas como “grasas amarillentas” que aportan dos sustancias antioxidantes muy potentes (β -carotenos y vitamina A) al metabolismo animal y humano. Por otro lado, en la actualidad los nutricionistas buscan incrementar los alimentos que mejoren el balance omega 6/omega 3, en la dieta del humano; al respecto, la Asociación Americana del Corazón, recomienda que la relación deba ser inferior a 7 y de Ácido Linoleico Conjugado (CLA) superior a 0.6 mg ácido linoleico/100 g de ácidos grasos totales (Depetris y Santini 2016). En sistemas de engorde a corral, con dietas ricas en granos, se observó una relación omega 6/omega 3, entre 11 a 12 y una concentración de CLA de 0.36 de ácido linoleico conjugado/100 g de ácidos grasos totales, mientras que en el sistema pastoril los niveles

se ajustaron a las recomendaciones con una relación omega 6/omega 3 que vario entre 1.2 a 1.8 y una concentración de CLA entre 0.5 a 0.7 (Depetris y Santini 2016).

En tanto que algunas empresas ganaderas de la sierra central están llevando a cabo el engorde de ganado vacuno, sobre la base de una alimentación con pastos, que en su mayoría contempla asociaciones vegetales de gramíneas y leguminosas, bajo sistemas pastoriles. En tales ecosistemas, los toretes generan ganancias bajas a regulares (0.5 – 1.0 kg/día), a razón de que los potreros no son adecuadamente pastoreados ni en densidad (toretos/área del potrero), presión (tiempo de pastoreo y consumo individual), ni frecuencia de pastoreo (época y tasa de crecimiento de pasto); provocando adicionalmente, un deterioro acelerado de la pradera y una reducción de su vida útil a no más de 5 años, cuando debería ser no menos de 20 años.

En tal sentido, con el único afán de implementar mejores condiciones tecnológicas al engorde pastoril; el presente estudio, tuvo los siguientes objetivos (a) describir el comportamiento mensual de la temperatura y humedad del suelo en una pastura asociada para generar modelos de predicción de la producción forrajera, (b) caracterizar la tasa de crecimiento de una pastura asociada , como también el comportamiento mensual de la disponibilidad de forraje; y (c) proponer tres planes de alimentación, que contemple el diseño de un perfil, un presupuesto y un plan de pastoreo óptimos para un hato de toretes en engorde.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. AUTO ECOLOGÍA DE LAS ESPECIES QUE COMPONENTEN LA PASTURA

Las pasturas, generalmente, son utilizadas como asociaciones de gramíneas y leguminosas, con la finalidad de mejorar la calidad y cantidad de forraje en base al uso apropiado de los nutrientes del suelo, lo que finalmente permite una adecuada nutrición de los animales.

2.1.1. Rye grass italiano (*Lolium multiflorum*)

El rye grass italiano es un pasto de crecimiento erecto en las zonas templadas, es anual o bianual; algunas variedades tardías en el valle del Mantaro permanecen por tres o más años, estableciéndose rápidamente y contribuyendo a que el pastizal recién implantado sea muy productivo al cabo de dos o tres meses (Bojórquez *et al.* 2015). Por su rápido establecimiento sirve como planta protectora, es decir, el rye grass italiano, por tener semillas más grandes que las otras especies de la asociación, desarrolla rápidamente y cumple una función de protección de las otras especies menos precoces, especialmente del pasto ovillo, el rye grass inglés y de los tréboles, contra la desecación del suelo y los fríos extremos. Tiene una habilidad para establecerse rápido, lo cual sirve para proteger el suelo contra la erosión del agua y el viento, al enraizar y cubrir rápidamente el suelo recién removido y expuesto a la erosión, siendo una planta que crece en matas, es muy palatable y tolera relativamente bien las heladas (Bojórquez *et al.* 2015).

El pasto rye grass italiano exige alta fertilización nitrogenada, se adapta a zonas de relativa humedad, su ritmo productivo se detiene significativamente de abril a agosto en el valle del Mantaro (Ordóñez y Bojórquez 2011), además, florea en diciembre, produciendo semillas que motivan su resiembra natural cuando es manejada al corte, ya que, al contrario de lo que sucede con el rye grass inglés, su duración normal es de uno o dos años. Es una planta rústica,

de rápida germinación, fácil de implantar, aun en meses fríos, de abril a agosto, con labranza mínima. En el valle del Mantaro, una pastura asociada se siembra con 24 kg. ha⁻¹ de semilla total, para pastoreo, fraccionadas en 7 kg. ha⁻¹ para cada una de las tres gramíneas: rye grass italiano, rye grass inglés y pasto ovilla, sin embargo, la siembra del rye grass anual (italiano) en mezcla con vicia, mostró incrementos en los rendimientos.

En nuestro medio, en campos bien manejados permanece por 4 a 5 años. Su establecimiento es rápido y vigoroso, por lo que frecuentemente se la incluye en las mezclas con pastos perennes, con la finalidad de proporcionar rápidamente cubierta vegetal al suelo, y para pastoreos tempranos cuando se tiene urgencia de forrajes. Su crecimiento es en matojos, pudiendo alcanzar en suelos fértiles de 60 a 70 cm de altura. Forma hojas anchas y brillantes que lo diferencian del rye grass inglés, que tiene hojas estrechas y erectas (Flórez *et al.* 1992).

2.1.2. Rye grass inglés (*Lolium perenne*)

El rye grass inglés es un pasto permanente, de crecimiento cespitoso, el cual se caracteriza por tener un gran valor alimenticio, ser muy tolerante a climas extremos, sobre todo a las bajas temperaturas. Está bien adaptado para ser utilizado al pastoreo, ya que es poco dañado por el pisoteo y el mordisco de los animales. En mezcla, con otras especies cespitosas, se utiliza para jardines, estadios, hipódromos, etc. Las variedades disponibles en el mercado local son: Nui y Ruani, de Nueva Zelanda; Norlea, Amazon Max y Boxer, de EE.UU. estas variedades son muy palatables y nutritivas para el ganado y tienen cierta tolerancia a la roya. Todas estas variedades muestran buena adaptación a las condiciones climáticas del valle del Mantaro y posiblemente a toda la sierra del Perú; siendo necesario anotar que prefieren suelos húmedos, retentivos, que no tengan dificultades con el encharcamiento del agua (Bojórquez *et al.* 2015).

El pasto rye grass inglés requiere alta fertilización y, sobre todo, un clima húmedo y fresco, aunque prospera bien en climas secos como la sierra del Perú (Ordóñez y Bojórquez 2011). Su producción es estacional en verano e invierno. Es una planta apetitosa y de alta calidad; pero que se frustra en regiones calurosas, secas y subtropicales. El manejo del pastoreo puede mejorar la persistencia de esta especie. El rye grass inglés es un componente en mezclas para

pastoreo, usadas en el Valle del Mantaro, siendo la justificación de su uso, aparte de sus bondades agronómicas, es reemplazar a las especies de corta vida como el rye grass italiano. Es un pasto de larga vida tal como su nombre lo indica, que crece en matas apretadas al ser pastoreadas. Forma un césped denso, no es adecuado para el corte, y es utilizado exclusivamente para pastoreo. No resiste la sequía, requiriendo riegos frecuentes pero ligeros. Tampoco soporta suelos mal drenados. Crece bien en cualquier tipo de suelo, pero requiere buenos abonamientos, sobretodo en ausencia de leguminosas. Se asocia muy bien con el trébol blanco y con otra gramínea perenne o semiperenne, ofreciendo un alimento de alta calidad que puede ser consumido fresco, sin ningún peligro de producir timpanismo (Flórez *et al.* 1992).

2.1.3. Rye grass híbrido (*Lolium x boucheanum*)

El rye grass híbrido es un cruce genético guiado entre rye grass inglés e italiano, que combina las características de estas dos especies en diversos grados (Bojórquez *et al.* 2015). Existen variedades híbridas que se asemejan más al rye grass inglés, otros que se parecen más al rye grass italiano, y, finalmente, otros muestran que son formas de transición las variedades disponibles en el medio local son Feast y Belinda que en el fondo son la misma variedad. Se establece rápidamente cubriendo el terreno con un gran número de macollos vigorosos. Tiene un color verde intenso y brillante; son sumamente palatables para el ganado. Rebrotando rápidamente después de los pastoreos. Se asocia con otras gramíneas y leguminosas.

2.1.4. Pasto ovilla (*Dactylis glomerata*)

El pasto ovilla es un pasto perenne que crece en matas frondosas. con raíces profundas y extendidas que le dan tolerancia a la sequía, pero no soporta suelos compactos, inundables y mal drenados. Cuando los pastoreos no son con suficiente intensidad, forma matas grandes, ásperas y poco coriáceas. Esta característica los hace poco palatables para el ganado. Sin embargo, tolera muy bien los suelos pobres y las bajas temperaturas de la zona andina. Se le utiliza cada vez más frecuentemente en el repoblamiento y mejoramiento de pasturas nativas. Las variedades Potomac y Crown, de EE.UU., y Wana y Tekapo, de Nueva Zelanda, crecen

bien en la sierra central y están disponibles en el mercado local. Se asocia bien con otras especies (Bojórquez *et al.* 2015).

Exige abundante fertilización, pero resiste bien a la sequía y el calor; es una planta áspera, que se vuelve dura rápidamente y poco apetecible para el ganado; se utiliza exclusivamente para pastoreo y es una alternativa a largo plazo. Es compatible con el rye grass italiano e inglés; alfalfa, trébol rojo y blanco. Todas estas pasturas se establecen con mayor rapidez y algunas desaparecen gradualmente por sus hábitos de crecimiento y manejo. Las pasturas “viejas” se reconocen por la presencia del rye grass inglés y pasto ovilla, que son las especies perennes (Ordóñez y Bojórquez 2011).

Es un pasto perenne, frondoso, que crece en matas y tiene raíces profundas. Se adapta bien a una gran variedad de suelos, y soporta bien las sequías. Puede ser sembrado en mezcla con gramíneas y leguminosas para pastoreo o corte. Para este último propósito se le mezcla con trébol rojo o alfalfa, requiriendo para estos casos de suelos bien drenados. Cuando no es pastoreado suficientemente forma matas grandes poco apetecibles para el ganado. Cuando se les mezcla con otras gramíneas o leguminosas no presenta el problema anterior. Se está incluyendo *dactylis* a la mezcla de rye grasses y tréboles en lugares donde hay dificultad en el uso de agua de riego y se presentan deficiencias por períodos cortos, con la finalidad de tener un pasto resistente a la sequía que asegure al menos una producción mínima durante estas épocas de crisis de humedad (Flórez *et al.* 1992).

2.1.5. Trébol rojo (*Trifolium pratense*)

El trébol rojo se comporta como una especie anual o de corto plazo de vida, sin embargo, en el valle del Mantaro, por su capacidad de autorresembrarse, se le suele encontrar en algunos campos de cinco o más años (Bojórquez *et al.* 2015). Para la asociación de pastos, el trébol rojo es de gran utilidad, no solo porque está fijando nitrógeno atmosférico, sino también porque junto con el rye grass italiano sirven de plantas protectoras. Además, se le recomienda en una pastura asociada por aumentar la calidad proteínica del pasto. Tiene raíces profundas que se desarrollan cubriendo el terreno rápidamente, protegiéndose de la desecación y

erosión. Cuando se le usa al pastoreo, se presume que produce mayores problemas de timpanismo que el trébol blanco, característica que frecuentemente limita su utilización.

En una experiencia realizada en otras condiciones, con variedades de trébol rojo (diploides y tetraploides), que fueron sembradas solas y cada una con gramíneas. La mejor variedad en mezcla fue Teroba, que al quinto año contribuyó con un 73 por ciento de una producción total de 9,8 t. ha⁻¹ de MS y al sexto año con el 67 por ciento de una producción total de 9,3 t.ha⁻¹ de MS de la mezcla (Ordóñez y Bojórquez 2011).

Es una planta herbácea formada por numerosos tallos, con hojas que nacen de una corona. Las hojas son sumamente pubescentes y con una mancha clara al centro. Las cabezuelas florales son de forma globular, de color rosa-púrpura, y están ubicadas en los extremos de las ramas (Flórez *et al.* 1992). Su persistencia depende de la variedad y método de utilización. No tolera pastoreo muy intensivo y frecuente. Para su mejor desarrollo necesita tierras de alta fertilidad; sin embargo, es utilizado como mejorador de suelos en zonas pobres, debido a su gran capacidad para fijar nitrógeno atmosférico (Flórez *et al.* 1992).

2.1.6. Trébol blanco (*Trifolium repens*)

Es una hierba perenne, rastrera; con ramas estoloníferas. que tienen raíces casi superficiales. Tienen hojas trifoliadas, inflorescencia. multiflora, pedunculada. Flores blancas o blanco rosadas. Es muy apropiado para las asociaciones duraderas, debido a su perennidad y su crecimiento rastrero. Al inicio su establecimiento es lento. Su mejor rendimiento se logra en el segundo y tercer año, después de la siembra, cuando la población del trébol rojo va disminuyendo. El trébol blanco. por su hábito invasor, cubre todos los espacios vacíos en el campo, constituyéndose en un gran controlador de la erosión, además de mejorar la calidad nutritiva de la mezcla. Por su tolerancia a las heladas y su crecimiento rastrero, fácilmente puede ocurrir que el trébol blanco predomina y sofoque a las demás especies de la asociación. sobre todo, en suelos pobres en nitrógeno. El aprovechamiento apropiado del pastizal y un abonamiento correcto constituyen las medidas más importantes para asegurar la permanencia del pasto. Las variedades disponibles en el país son Common, de EE.UU., y

Huia, de Nueva Zelanda, ambas de tamaño de hojas intermedias y de buena adaptación en nuestro medio, y muy adecuadas para el pastoreo (Bojórquez *et al.* 2015).

Es una especie perenne que posee el hábito de crecimiento rastrero. Las plántulas producen hojas en una especie de roseta y una corona pequeña de la que nacen tallos estoloníferos. En estos tallos se forman raíces en los nudos, y como resultado de este hábito de crecimiento se puede formar en poco tiempo una vegetación densa a partir de una población rala de plántulas. Las hojas producidas en la corona o en los nudos de los estolones están formadas por tres folíolos sentados. Su forma y tamaño son muy variables. Pueden presentar o no una mancha clara en forma de media luna, en el haz del limbo. No presenta pubescencia en las hojas ni en los pedúnculos (Flórez *et al.* 1992).

La profundidad de la raíz depende del tipo de suelo, cultivar y posiblemente manejo de la pastura; en general, el trébol blanco es considerado por sus raíces poco profundas, con más del 80 por ciento de raíces en los primeros 10 a 20 cm (Ordóñez y Bojórquez 2011). Para determinar los rendimientos de MS del trébol blanco sometidas al corte y pastoreo (ovinos), se evaluaron nueve variedades de hoja mediana, asociadas con rye grass inglés. Los rendimientos del trébol blanco fueron, altos bajo corte y los del rye grass, bajos en el pastoreo. No se observó ninguna correlación entre el tamaño de la hoja y la producción de materia seca del trébol blanco bajo corte y pastoreo. Estos resultados sugieren que el tamaño de hoja no es un buen indicador de los rendimientos bajo corte y pastoreo. Un estudio similar al anterior fue conducido con variedades de trébol blanco de hoja pequeña, sembrados con rye grass inglés. Considerables diferencias fueron encontradas en la producción de MS del trébol blanco, rye grass inglés y rendimientos totales de la mezcla entre parcelas con las diferentes variedades. Los rendimientos de trébol blanco fueron altos generalmente bajo corte y los de rye grass inglés fueron altos bajo pastoreo.

2.2. VALOR NUTRITIVO DE LA PASTURA

El valor nutritivo del forraje cosechado por los animales depende de su origen, cultivado vs. natural, época del año, variedad, y el grado de selectividad (Flores *et al.* 2006); y es función del consumo de nutrientes y de la eficiencia de conversión de los nutrientes ingeridos en

producto animal (Núñez 2017). El contenido proteico en términos químicos es frecuentemente utilizado como un término de calidad de la pastura para la alimentación animal, al respecto, la proteína raramente limita la producción cuando la asociación es bien manejada (Geenty y Ratray 1987). En general, la proteína no es relativamente muy importante cuando se pastorea en asociaciones de gramíneas y leguminosas de alta calidad, porque estos cubren los requerimientos de proteína de las vacas.

Bojórquez *et al.* (2015) en San José de Quero a 4050 m.s.n.m., en el Valle del Mantaro, manejo de pasturas asociadas con periodos de descanso de 30 días, reportaron niveles de proteína que variaron de 18.9 a 17.1 por ciento para las épocas de lluvia y seca, respectivamente. También en un estudio en la sierra central los contenidos de proteína cruda en la dieta durante los meses lluviosos, 17.2 por ciento superaron a aquellos de la época seca, 14.6 por ciento y fueron lo suficientemente altos para determinar que la ingesta de proteína de los animales se mantuviera por encima de los requerimientos de mantenimiento de la U.A. (Ñaupari y Flores 2002).

Una de las características más importantes de la calidad de la pastura es la digestibilidad. La digestibilidad es uno de los factores determinantes del consumo de los alimentos por los rumiantes, y éste último se halla positivamente correlacionado con la producción animal como la ganancia de peso y la producción de leche (Bojórquez *et al.* 2015). El conocimiento de la digestibilidad de la pastura facilita el cálculo del contenido de energía metabolizable (EM) dada la alta correlación entre estas dos variables (Waghorn y Barry 1987). La digestibilidad puede ser expresada en diferentes formas:

a. Digestibilidad de la materia seca (DMS)

$$DMS = (g \text{ MS forraje} - g \text{ MS heces}) / g \text{ MS forraje}$$

b. Digestibilidad de la materia orgánica (DMO)

$$DMO = (g \text{ MO forraje} - g \text{ MO heces}) / g \text{ MO forraje}$$

c. Digestibilidad de la materia orgánica de la materia seca (DMOMS)

$$DMOMS = (g \text{ MO forraje} - g \text{ MO heces}) / g \text{ MS forraje}$$

Las medidas de la DMO y la DMOMS indican la proporción de la materia orgánica digestible (MOD) de la fracción de la energía producida por un forraje (Ñaupari y Flores 2002).

En Nueva Zelanda, el valor energético del forraje (VEF) se expresa en megajoule de energía metabolizable por kilogramo de materia seca (MJEM/kg MS).

El VEF es dificultoso para medir, pero la digestibilidad de la pastura ofrecida o consumida es frecuentemente conocida o medida. El VEF de la pastura puede ser medido a partir de la DMOMS, empleando la siguiente ecuación generalizada:

$$\text{VEF} = 0.16 \text{ DMOMS}$$

(MAFF 1975; en Geenty y Rattray 1987)

Si la DMOMS no es conocida, ésta puede ser estimada como sigue (Geenty y Rattray 1987):

$$\text{DMOMS} = (0.98\text{DMS} - 4.8)$$

$$\text{DMOMS} = (0.92\text{DMO} - 1.2)$$

Uno de los factores que afectan el valor nutritivo de la pastura es el clima, en la Tabla 1 se muestra el efecto de la estacionalidad en pasturas de Nueva Zelanda con predominancia de rye grass/trébol blanco.

Tabla 1: Efecto de la estacionalidad en la composición de la pastura asociada

	MS %	EM MJ/kg MS	PC % MS	FDN % MS
Pastura, Primavera	12 - 15	11.5 - 12.5	20 - 30	35 - 45
Pastura, Verano	15 - 20	9.5 - 10.5	14 - 22	42 - 52
Pastura, Verano/seco	20 - 30	9.0 - 10.0	9 - 14	52 - 65
Pastura, Otoño/Invierno	13 - 18	11.0 - 11.5	15 - 20	40 - 47

Fuente: Facts and Figures - Dairy NZ (2017).

Cuanto mayor sea el VEF, mejor será el alimento. Por ejemplo, la hierba de otoño, con un VEF de 11, tiene un valor energético por kilogramo de materia seca más alto que el buen

heno de pradera con un VEF de 8 (Dairy NZ 2017). También, cuanto mayor sea el contenido de N, mayor será el N potencial en la orina y la pérdida de N al agua y la atmósfera (Dairy NZ 2017). Así, bajo condiciones de pastoreo irrestricto, la cantidad de EM asignada estará condicionada al consumo voluntario ejercida sobre la pastura. Cuando el alimento es abundante, la fibra cruda es baja y la proteína alta; el consumo voluntario es máximo (Bojórquez *et al.* 2015).

Pasturas con brotes tiernos, suculentos y con una gran cantidad de hojas tienen una alta concentración de EM en su materia seca. En cambio, al madurar el forraje, la calidad de la pastura baja y el contenido de fibra aumentan reduciéndose el consumo voluntario de forraje. En todo caso, hay que tener en consideración que, debido, a factores como la edad, efectos del clima, riego, sistemas de pastoreo, fertilización, composición botánica y otros; los cuales afectan el estado vegetativo y la tasa de crecimiento de la pastura; ésta varía constantemente en valor nutritivo (Bojórquez *et al.* 2015).

Al respecto en un estudio sobre el comportamiento nutricional de vacas lecheras en pasturas en la sierra central, los patrones de variación en el contenido de EM en la dieta siguieron tendencias similares a los de la ingesta con valores mayores en la época lluviosa que en la seca, 4.5 a 7.7 MJ EM/kg MS, la cual se encuentra por debajo de los estándares de la calidad mínima exigidas para una alta producción, 10 MJ EM/kg MS, estos bajos niveles de energía en la dieta se debieron a la alta proporción de material senescente, lo que resultó en bajos niveles de ingesta de energía, 75.5 MJEM/d, durante la época seca inferiores a los requerimientos de mantenimiento, 92.0 MJEM/d (Ñaupari y Flores 2002).

De igual manera, Flores *et al.* (2006) en un estudio sobre el comportamiento nutricional y perfil alimentario con vacas lecheras en praderas cultivadas en secano, sobre los 4000 m.s.n.m., en la región Pasco; evaluaron el valor nutricional de dietas seleccionadas al pastoreo y la ingesta de la pastura dominada por *Dactylis glomerata* y *Trifolium pratense* (Tabla 2), donde los mayores valores nutricionales corresponden a la época lluviosa (diciembre a mayo), obteniéndose niveles promedios de proteína cruda, 16,2 por ciento, fibra detergente neutra, 50.0 por ciento, digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, 54.6 por ciento, energía metabolizable, 8.7 MJ/kg MS, y con niveles de ingesta que variaron entre 1.2 a 2.4 por ciento del peso vivo y que estuvo dentro del rango sugerido por la Sociedad

Neozelandesa de Producción Animal para pasturas cultivadas con una asignación de pasto diaria en el rango de 5 a 10 kg de materia seca día en praderas de verano.

Por otro lado, la fibra en la época seca no tiene mayor incremento, posiblemente por la poca presentación de inflorescencias, por ejemplo, en el valle del Mantaro, incluso cuando el pasto está maduro, mantiene buena calidad, sin cambios muy grandes, lo que es una gran ventaja en relación a los países de zonas templadas, facilitando su manejo (Bojórquez *et al.* 2015).

Tabla 2: Variación mensual de valor nutritivo del forraje e ingesta de la pastura asociada

Mes	Proteína cruda (%)	FDN (%)	Digestibilidad <i>In vitro</i> Materia Orgánica (%)	Energía Metabolizable MJ/kg MS	Ingesta Peso Vivo%
Julio	16.93 ^b	39.04 ^d	50.63 ^c	8.10 ^c	1.92 ^c
Setiembre	10.67 ^d	69.30 ^a	43.77 ^d	7.00 ^d	1.33 ^d
Noviembre	17.50 ^b	49.60 ^b	55.10 ^b	8.81 ^b	1.70 ^b
Enero	14.78 ^c	46.70 ^{bc}	60.60 ^a	9.69 ^a	2.03 ^a
Marzo	17.70 ^b	52.50 ^b	60.90 ^a	9.75 ^a	2.21 ^a
Mayo	19.88 ^a	42.70 ^{cd}	56.59 ^b	9.05 ^b	2.36 ^a
Promedio	16.24	49.97	54.59	8.73	1.93

^{a,b,c,d} Letras diferentes entre filas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

Fuente: Flores *et al.* (2006)

2.3. REQUERIMIENTO ENERGÉTICO DEL VACUNO EN CRECIMIENTO Y ENGORDE

El Consejo de Investigación Agrícola (ARC) de Gran Bretaña y la Academia de Ciencias de Estados Unidos (NRC) publican tablas de requerimientos nutricionales de los animales domésticos expresados en valores promedios periódicamente. Estos valores, deben ser manejados con sumo cuidado en situaciones específicas para evitar resultados distorsionados (Nuñez 2017).

Los requerimientos nutricionales pueden ser convenientemente expresados como requerimiento de energía metabolizable (EM), debido a que, en la mayoría de las pasturas, se encuentran niveles adecuados de proteínas, minerales y vitaminas (excepto donde no

conocemos deficiencias) para un nivel determinado de producción. Existen condiciones especiales en el cual el suministro adecuado de aminoácidos y proteínas puede limitar la producción (Geenty y Ratray 1987); al respecto, la proteína cruda (PC) contenida en la mayoría de las pasturas parece exceder a los requerimientos de ovinos y vacunos, el cual es de 10 a 12 g de PC/kg MS (ARC 1980).

Debido a la actividad biológica, el organismo animal también está eliminando nitrógeno, ya sea a través de las fecas o en la orina. Dichas pérdidas deben ser compensadas, y esta necesidad corresponde al requerimiento proteico de mantención. Por esta razón, es importante entregar a través de la alimentación un adecuado tenor proteico (González & Tapia 2017). El requerimiento de energía metabolizable para mantenimiento (EMm) de rumiantes a pastoreo no es constante y puede variar con el tamaño, edad, calidad de la dieta del animal, disponibilidad de la pastura, fisiografía del terreno y clima local. Los estimados de EMm para vacas de carne y vacas secas al pastoreo, muestran una gran variación, siendo el promedio cercano a 0.55 MJ/kg^{0.75}/d (Geenty y Ratray 1987), adicionalmente, la NRC (1978) recomienda incrementar las necesidades energéticas en 30 por ciento por actividad pastoril o bien, calcularlo factorialmente a partir del presupuesto de actividades del animal (Ñaupari y Flores 2002). Al respecto, Bojórquez (2015) en un estudio con vacunos a pastoreo, en la sierra central, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y de altura incrementó 30 por ciento en el valle (3300 m.s.n.m.), 40 por ciento en la zona intermedia (3700 m.s.n.m.) y 50 por ciento en la zona alta (4050 m.s.n.m.).

Tabla 3: Requerimientos de EM para vacunos en crecimiento (MJ EM/d)

Peso vivo (kg)	Ganancia de peso vivo (kg/d)					
	0.25	0.5	0.75	1	1.25	1.5
100	23	28	32	37	41	46
150	31	37	43	49	55	61
200	39	47	54	62	69	77
250	46	55	64	72	81	90
300	53	63	73	84	94	104
350	59	71	82	94	105	116
400	66	78	81	103	116	129
450	72	86	99	113	127	141
500	78	93	108	123	138	152

Fuente: Geenty y Ratray (1987)

El requerimiento de energía para ganancia de peso varía ampliamente, dependiendo de la composición de la ganancia de peso vivo, grasa y proteína; y de la calidad de la pastura (M/D). En Nueva Zelanda, ovinos y vacunos en crecimiento pastorean en pastos de alta calidad, 10 – 12 MJ EM/kg MS (Geenty y Rattray 1987). Los requerimientos de EM de vacunos en crecimiento, con pasturas de alta calidad, se muestran en la Tabla 3. La composición de la ganancia de peso vivo influencia sobre los referidos valores.

Por ejemplo, una ganancia corporal de 10 por ciento de proteína y 90 por ciento de grasa, representa 30 MJ de energía/kg de ganancia; mientras que con 30 por ciento de proteína y 70 por ciento de grasa, representa 9 MJ de energía/kg de ganancia. Un vacuno clasificado como "pequeño" tiene más contenido de grasa en su ganancia, que uno "mediano" o "grande" (ARC 1980), de tal modo que, el contenido de energía de ganancia es 15 por ciento superior para un vacuno pequeño respecto a un mediano, cuyo requerimiento es 15 por ciento superior comparado con un vacuno grande. De igual forma, los valores son mayores en vaquillas que para bueyes y toros, en 15 por ciento para cada caso. Estas diferencias significan que los requerimientos de energía para ganancia son 5-10 por ciento superiores para los pequeños, y 4 - 8 por ciento inferior para los grandes, que en los vacunos de tamaño mediano. Las vaquillas tienen 5 y 10 por ciento de requerimientos mayores que bueyes y toros, respectivamente (Geenty y Rattray 1987).

Por lo tanto, si la ingesta de energía no satisface las necesidades de mantenimiento, el animal no podrá ganar peso. Más bien perderá peso, utilizando la energía liberada para el mantenimiento. Para ganar un kilo, el ganado necesita entre 35 y 45 MJ EM por encima de la requerida para el mantenimiento, dependiendo de la etapa de producción. El ganado más joven tiende a depositar más proteína (músculo) que grasa por lo que tiene una menor demanda de energía para el crecimiento, mientras que el ganado más maduro tiende a depositar más grasa, por lo que tiene una mayor demanda de energía para la misma tasa de ganancia (MLA 2006).

2.4. VACUNOS EN CRECIMIENTO Y ENGORDE EN PASTURAS

Los objetivos en la producción de vacunos de carne es que cada año se destete un ternero o ternera con un mayor peso por vaca, esto requiere la provisión de una pastura adecuada para

una rápida ganancia de peso vivo y asegurar que las vacas produzcan un ternero cada año, manteniendo una buena tasa de preñez y un buen porcentaje de terneros destetados (Nicol y Nicoll 1987).

A medida que los animales crecen, el peso de la grasa, proteína, agua y cenizas, componentes principales del cuerpo, generalmente incrementan en tasas relativas constantes al peso de todo el cuerpo; mientras que la proporción de grasa en el cuerpo se va incrementando a medida que los animales se van aproximando a la madurez (Geenty y Rattray 1987). Como el depositar grasa en el cuerpo significa al animal una mayor demanda energética que la proteína (aproximadamente el doble), debe elevar su consumo de alimento cerca de dos veces, lo que implica que animales adultos son más ineficientes en el uso de la energía que los animales jóvenes (Gonzales y Tapia 2017).

Tabla 4: Relación entre la ganancia de peso vivo del vacuno en crecimiento y la masa del forraje residual

Estación	Masa del forraje residual (kg MS/ha)				
	750	1000	1500	2000	2500
	Ganancia de Peso vivo (kg/día)				
Primavera	0.53	0.77	1.04	1.15	1.15
Verano/Otoño	0.02	0.17	0.38	0.5	0.6
Invierno	-0.5	-0.1	0.1	---	---

Fuente: Nicol y Nicoll (1987)

Los datos realmente disponibles sobre la ganancia de peso vivo y consumo de los vacunos en crecimiento cambian con el nivel de alimentación de la pastura. En diferentes experimentos usando rangos de presión de pastoreo de 2.0 a 12.5 kg MS/100 kg PV/d, y variando la masa de forraje residual de 750 a 3000 kg MS/ha (Tabla 4), la ganancia de peso vivo vario de -0.6 a 1.5 kg/d. Este rango cubre la ganancia de peso ideal de la mayoría de los sistemas de vacuno en crecimiento. Aunque existe una considerable variación entre las relaciones, estas pueden ser usadas con alguna confianza en la planificación de la alimentación de pastura en vacunos en crecimiento (Nicol y Nicoll 1987).

Existe obvias diferencias estacionales en las relaciones alimenticias de los animales con pasturas, con la misma masa de forraje residual o presión de pastoreo, los vacunos crecen mucho más rápidamente en primavera (septiembre-diciembre) que si estos lo hacen en verano/otoño (enero-junio). Un mayor valor nutritivo de la pastura con una mejor estructura promueve un mayor consumo en primavera. El pastoreo con una masa de forraje residual relativamente baja (1200 – 1300 kg MS/ha), en la estación temprana de pastoreo podría asegurar un buen control sobre la calidad de la pastura al finalizar la estación sin una significativa depresión de la tasa de crecimiento del vacuno en primavera (Nicol y Nicoll 1987).

Los niveles de ingesta de forraje, expresados como porcentaje del peso vivo de toretes, fueron superiores en el pasto cultivado en seco que, en el pasto natural, y las diferencias entre estos dos componentes del sistema, tendieron a acentuarse al llegar a la época seca. Así, mientras los niveles de ingesta alcanzaron 2.2 por ciento del peso vivo en la época lluviosa, en el pasto cultivado en seco, estos no superaron el 1.8 por ciento para el caso del pasto natural. Cabe resaltar, sin embargo, que, en ambos casos, durante la época seca, los niveles de ingesta cayeron a niveles similares (Flores *et al.* 2006).

La caída del valor energético de la hierba con el avance de la estación de pastoreo es un problema con el que tiene que enfrentarse el productor de carne. Marsh (1975) durante dos años, comparó el pasto de primavera y otoño utilizando animales de la misma raza y peso que previamente habían sido tratados igual, encontrando que la ingestión y las ganancias de peso vivo fueron mayores en primavera que en otoño, con cifras de 1.230 kg/día de ganancia para primavera y de 0.840 kg/día para el otoño. Concluyendo que, entre otros factores, la climatología pudo tener gran influencia en estos resultados (Zea y Díaz 1990). Probablemente la decisión más importante que tendrá que tomar el ganadero es determinar la carga óptima para obtener los máximos beneficios económicos. Al máximo de carga, compatible con la producción por animal, debe llegarse paulatinamente. A medida que aumenta la carga, y como consecuencia de la menor posibilidad de pastoreo selectivo, cobra más importancia el pastoreo rotacional y el valor nutritivo del pasto, así como la determinación de la proporción de superficie que se va a dedicar al ensilado (Zea y Díaz 1990).

En definitiva, se trata de buscar un equilibrio entre la pradera y los animales, de modo que la máxima producción del pasto vaya acompañada de su eficiente utilización. La determinación de este equilibrio, con el ajuste de todos los factores comentados es un problema difícil, pero de su fijación dependerá la posibilidad de obtener los máximos beneficios por hectárea. En resumen, los componentes del éxito de los sistemas de producción de carne con base en pastos son: Óptimas ganancias de peso vivo compatibles con cargas elevadas, óptima fertilización, en especial nitrogenada, y buena calidad de los alimentos conservados que reduzcan la dependencia de los concentrados. A su vez los factores que afectan a la ganancia de peso de los animales en pastoreo son: a) Ingestión y utilización del pasto, b) Carga, c) Método de pastoreo, d) Suplementación, e) Tipo de animal, y f) Uso de fertilizantes. Los que afectan a la ganancia de los animales que se estabulan cuando hay escasez de hierba, serán la calidad del silo y su suplementación (Zea y Díaz 1990).

En cualquier sistema de producción el primer factor limitante de la producción por animal es la ingestión de energía digestible y la eficacia de utilización de los nutrientes ingeridos. En el caso de animales en pastoreo, a los factores que controlan la ingestión voluntaria, se les suman otros que vienen a complicar la situación, como la capacidad que tienen de pastoreo selectivo, dentro y entre especies, o la facilidad que presente el pasto para ser recolectado por el animal, que a su vez dependerá de la densidad y altura de la hierba, así como de la aceptabilidad del mismo, determinada por el sabor, el olor o por estímulos táctiles (Freer 1981). Sin embargo, no debe olvidarse que el pastoreo selectivo vendrá determinado más por la tasa de digestión que por la palatabilidad, de modo que los animales preferirán material joven, vivo, hojas y leguminosas que material muerto, más viejo, tallos o gramíneas. No obstante, la disponibilidad de hierba parece ser todavía el efecto más importante que determina la ingestión (Osborn 1980). A medida que la disponibilidad de pasto disminuye, bien porque la hierba es más corta o porque el pasto está muy abierto, aumenta el número de mordiscos que tiene que dar el animal, pero como disminuye la ingestión por bocado, y hay un límite para el tiempo empleado en pastar y para el número de bocados por minuto, se llega a un punto en que disminuye la ingestión. Hodgson *et al.* (1971) concluyen que las ganancias de peso vivo están más estrechamente relacionadas con la cantidad de pasto rechazado que con el ofertado, esto es, con la intensidad del pastoreo.

Una forma muy sencilla de determinar la intensidad de pastoreo es calcular la altura del rechazo que queda una vez pastada la parcela, lo que, como fue puesto de manifiesto por Tayler (1970), correlaciona perfectamente con las ganancias diarias de peso vivo. Se deduce entonces que una buena práctica será cambiar los terneros a nuevas parcelas cuando empiezan a «rebuscar» pasto más que cuando el área quede completamente pastada. Si no se adopta esta flexibilidad en el pastoreo, las ganancias de peso de los terneros pueden verse severamente deprimidas. De este modo, la intensidad de pastoreo puede controlarse moviendo el ganado a nuevas parcelas cuando la altura de la hierba que va quedando llega a los 7-8 cm (sin contar las áreas rechazadas por contaminación de heces). Otro sistema es fijar la cantidad total de hierba sobrante, que, para no deprimir la ganancia de peso, fijan Hodgson *et al.* (1971) en 2000 kg de materia orgánica por hectárea, medida al ras de suelo (Zea y Díaz 1990).

Se menciona que entre los factores que influyen en la producción de bovinos de carne se considera: Factores extrínsecos e intrínsecos: dentro de los primeros se encuentran los factores del medio físico (Quispe *et al.* 2012). La descripción de los factores intrínsecos es en base a: raza o tipo, sexo y edad del animal. En toretes al pastoreo, se precisa que, entre el nacimiento y los 12 meses de edad, genéticamente están capacitados para crecer y alcanzar la mitad de su peso adulto. En esta etapa es posible esperar altas ganancias de peso (1000 hasta 1200 g/día); y entre los 12 a 18 meses de edad, aunque algo inferior, el potencial de crecimiento continuó siendo alto. Desde el punto de vista zootécnico, la mejor respuesta de engorde se logra con los bovinos jóvenes de 18 a 24 meses de edad, debido a la eficiente conversión del alimento en carne (ganancia del peso vivo). Aunque eventualmente también engordan toretes dientes de leche (14 a 16 meses de edad) y 2 dientes (18 meses de edad). Los canales de este último grupo etario generalmente son clasificadas como tipo extra, pero su producción es aún limitada.

Los vacunos de crecimiento y acabado son completamente versátiles con la aplicación de los planes de alimentación. Dentro de la asociación disponibilidad y precio, los vacunos pueden ser comprados o vendidos de modo que sus números pueden incrementar o disminuir en concertación con la tasa de crecimiento de la pastura y las necesidades de transferencia de la pastura de una estación a otra, esto significa, que los ajustes en el número de ganado o

área de pastura es crítico para el éxito de los sistemas de acabado a finales de la estación de pastoreo. (Nicol y Nicoll 1987).

2.5. PLANIFICACIÓN DE LA ALIMENTACIÓN EN BASE A PASTURAS

Planear la utilización de recursos forrajeros de una explotación ganadera en pasturas significa comparar los requerimientos nutricionales del hato ganadero con la oferta de nutrientes proveniente de la pastura y suplementos, manifestándose en la práctica a través de tres tipos de planes de utilización denominados perfiles alimentarios, presupuestos alimentarios y planes de pastoreo, los cuales precisan de la estimación de la oferta y demanda de forraje (Ñaupari y Flores 2001).

2.5.1. Oferta de forraje

La capacidad de carga es función de la tasa de crecimiento y disponibilidad de pasto (Ñaupari y Flores 2002), por lo tanto, la tasa de crecimiento, la disponibilidad y los alimentos suplementarios constituyen la oferta de alimentos. La contribución de cada uno difiere con el tipo de planificación (Avalos 2006).

a. Tasa de crecimiento y producción anual de forraje

A fin de llevar a cabo un plan, es necesario conocer la tasa de crecimiento del pasto para el período que abarca el plan alimentario. El conocimiento de las tasas promedio de crecimiento, definida como el incremento en tamaño y peso de nuevo tejido de hojas y tallo por unidad de tiempo, usualmente por día (Hodson 1979, citado por Korte *et al.* 1987) es un punto de inicio, pero probablemente requerirán de una modificación para una propiedad particular, a causa de los factores locales que influyen en dicho crecimiento; tales como el clima, fertilidad del suelo, tipo de pastura y potreros particulares; por lo tanto, la tasa de crecimiento, en general, está influenciada principalmente por el sistema de manejo, el estado fenológico de la pastura y la época del año (Ñaupari y Flores 2002).

En la Figura 1 se muestra la dinámica de crecimiento en materia seca/día de tres localidades Chaquicocha 3700 m.s.n.m., Huanchar 3300 m.s.n.m. y San José de Quero 4050 m.s.n.m., al respecto, la producción anual de pasto, definida como la integral debajo de la curva de crecimiento, mostró que en Chaquicocha que es la localidad ubicada en la zona intermedia, se alcanzó la mayor producción total de MS por ha/año (26840 kg), casi tres veces más alta a la lograda en San José de Quero (9540 kg MS/ha/año) ubicada a mayor altura, lo que estaría indicando que los 400 m de diferencia entre las dos localidades son fundamentales para que las temperaturas imperantes en esta última localidad estén limitando el crecimiento del pasto (Bojórquez *et al.* 2015).

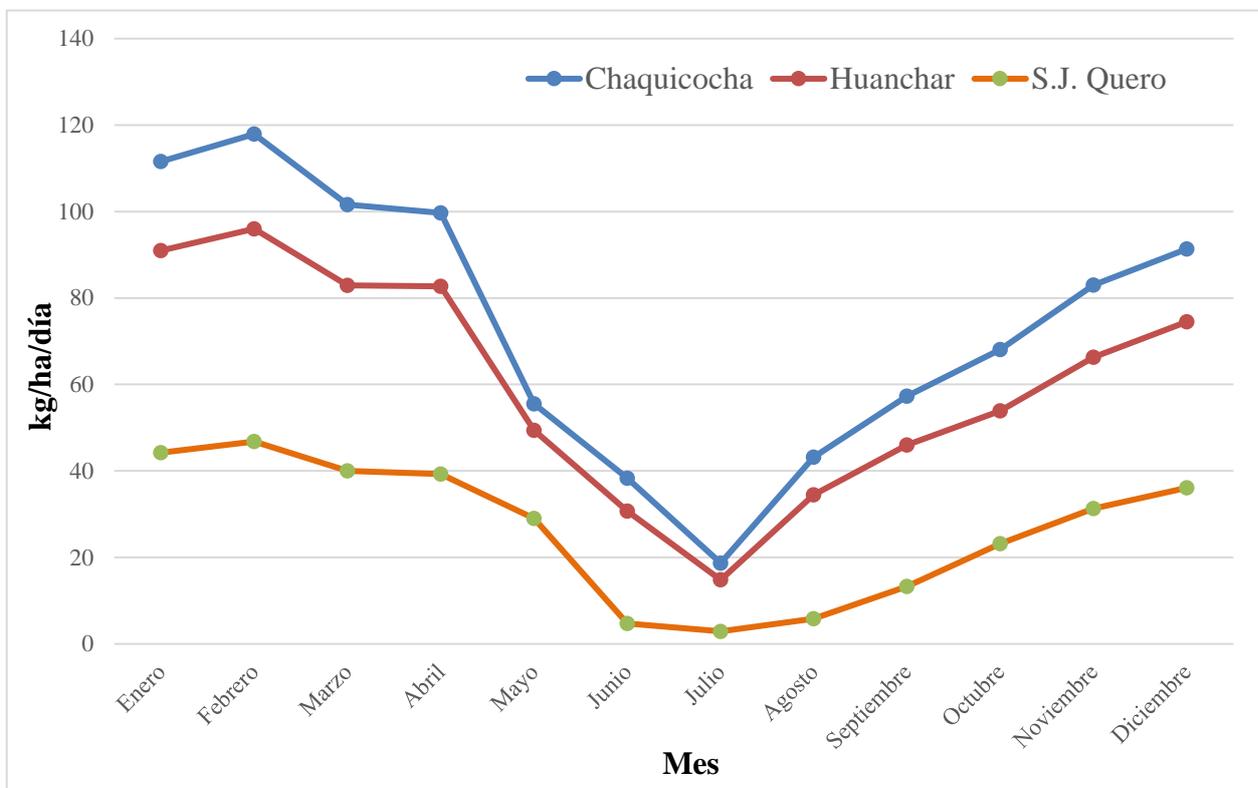


Figura 1: Producción mensual de materia seca kg/ha/día

Adaptado de Bojórquez *et al.* (2015)

Con respecto al clima, se ha demostrado que existe una relación entre las tasas de crecimiento de la pastura y la temperatura y humedad del suelo que varían a lo largo del año por efecto de la estacionalidad, lo que define una época lluviosa (primavera-verano) y una época seca (otoño-invierno).

La producción de forraje se denota por la curva de crecimiento asociada a la época de lluvia, por lo que cuando se propone la elección de modelos para la tasa crecimiento (TC) se utilizan variables independientes como la temperatura (T) y humedad del suelo (H), lográndose predecir la productividad con el siguiente modelo [TC kg/MS/d = 852.8 + 14.594T² - 222.7 T] que tuvo un r² del 86 por ciento, pero está pendiente, sin embargo, continuar investigando en la búsqueda de mejores modelos de predicción (Flores *et al.* 2006).

La temperatura de los suelos de Conocancha-SAIS Pachacútec tuvieron reportes donde los picos fueron los meses de enero, abril y septiembre con valores de 12, 11,8 y 13.3 °C respectivamente, en tanto que la más baja temperatura fue mayo a junio con 9.0° (Avalos 2006).

En otro estudio, la temperatura de los suelos de Consac-SAIS Tupac Amaru fue mayor en los meses de febrero a mayo con 15.6 °C con respecto a los meses de junio a agosto con 11 °C, posiblemente la mayor radiación solar de la época lluviosa influye sobre el régimen térmico del suelo; en cuanto a la humedad no varió ya que se mantuvo entre 21-27 por ciento (Ñauparí y Flores 2002).

La producción de la pastura está también influenciada por el manejo del pastoreo. Por ejemplo, un pastoreo severo puede reducir el crecimiento de la hierba nueva; mientras que un pastoreo continuo puede conducir a una alta extracción de biomasa e incrementar las pérdidas debido a la muerte y decaimiento vegetal. El incremento rápido en la masa vegetal puede ocurrir durante la producción de cabezas seminales; pero mucho de este crecimiento, si no es consumido por el ganado, subsecuentemente morirá y se descompondrá. Aparentemente, el rápido crecimiento de la pastura durante el final de la primavera e inicio del verano puede ser seguido de una aparente lentitud de las tasas de crecimiento en otoño, en una época cuando la descomposición está ocurriendo (Avalos 2006).

Evaluando periodos de descanso de 30, 40 y 50 días en tres localidades de la sierra central se logró mayores rendimientos por corte, con descansos de 50 días (2590; 2380 y 960 kg/ha/corte, para Chaquicocha, Huanchar y San José de Quero, respectivamente) pero no significativamente superior (p<0.05) a los logrados con descansos de 30 y 40 días, pero

comparando la producción anual acumulada, encontró que los rendimientos son significativamente ($p < 0.05$) más altos con 30 días de descanso (19430 kg MS/ha/año) a descansos de 50 días (13810 kg MS/ha/año), aunque no con descansos de 40 días (Bojórquez *et al.* 2015).

La tasa de crecimiento puede ser groseramente estimada a partir del cambio en la disponibilidad y en el consumo estimado de la pastura. La colección de tales datos en base a un número de años indicará el probable rango estacional en la producción del pasto en un potrero o propiedad particular. La tasa de crecimiento es el componente más variable en los planes de mediano y largo plazo, y estos pueden necesitar cambios a medida que progresen. En planes alimentarios de corto plazo (1 a 7 días), la contribución del crecimiento es usualmente ignorada (Avalos 2006).

b. Disponibilidad de la pastura

La disponibilidad o cobertura es una medida de la pastura de una finca en una época particular y es expresada como la masa vegetal promedio sobre una finca (kg MS/ha). La disponibilidad es calculada multiplicando la masa de cada uno de los potreros; este total es dividido por el área total, obteniéndose la disponibilidad o cobertura promedio del pasto (Avalos 2006).

La valoración directa de la masa del pasto puede ser hecha por corte de muestras (usualmente 0.25 m^2) a nivel del suelo y pesando la pastura seca (Bowell 1980 citado por Avalos 2006). Esto consume mucho tiempo, por lo cual, la disponibilidad es usualmente determinada por valoración visual, o por el uso de medidores de pasturas; tales como la placa de caída o el sondeador de pasto. Estos métodos indirectos requieren de la calibración con cortes de muestras de pasto. Con la experiencia, la valoración ocular, provee de estimados que están dentro de los 100-300 kg MS/ha del valor obtenido por corte (Piggot y Morgan 1985; en Avalos 2006). La experiencia muestra que la valoración visual es fácil cuando hay una cobertura uniforme dentro de los potreros. Los pastos cortos tienden a ser más exactamente valorados y los pastos largos (mayor a 15 cm) son fácilmente sub-estimados. No obstante, los errores en la estimación de la masa de la pastura son generalmente pequeños, en comparación con aquellos asociados con la predicción de la tasa de crecimiento del pasto o área efectiva del potrero. La masa vegetal y su disponibilidad o cobertura son medidas a

nivel del suelo. Si hay cantidades significativas de material muerto en la pastura (mayor a 25 por ciento), ellas podrían ser valoradas como MS de material verde/ha (Avalos 2006).

El pasto disponible en un momento determinado es el resultado de la diferencia neta entre el crecimiento y el forraje consumido. En cualquier plan es importante dejar una cantidad residual de forraje al final, con fines de asegurar una adecuada selección e ingestión por parte de los animales, y un adecuado nivel de rebrote y protección del ecosistema. La Sociedad Neozelandesa recomienda como mínimo niveles de 1600 – 2200 kg MS/ha para vacunos lecheros, y 900 – 1100 kg MS/ha para borregas en parición. En términos generales el compromiso debe ser de mantener los forrajes disponibles por encima de 1000 kg MS/ha y por debajo de 2500 kg MS/ha. El nivel de forraje disponible determina si el nivel de ingestión deseado, para un nivel determinado de asignación de pasto, puede ser alcanzado con exactitud. Esto se debe a que el potencial de selección de la dieta depende en gran medida del forraje disponible. Por ello, monitorear la disponibilidad de forraje resulta tan crucial como monitorear la tasa de crecimiento (Ñaupari y Flores 2001).

c. Suplementos

El heno, ensilaje y concentrados forman parte de la oferta de alimento total y sustituyen al forraje en función de su valor energético del forraje (VEF). Por ejemplo, 4 kg de MS de heno con un VEF de 8.5 MJ EM/kg MS puede sustituir a 3.2 kg de MS de una pastura asociada de gramínea-leguminosa con 10.5 MJ de EM/kg MS. El equivalente pastura (EP) se define como la cantidad de suplemento que provee la misma energía que un kg de pastura que para el caso en mención es 1.2 kg de MS. La conservación de forrajes reduce el exceso de forraje, que ocurre cuando la tasa de crecimiento excede los requerimientos de pasto y a la vez, reduce el déficit de forraje (Ñaupari y Flores 2001).

Los déficits de alimento pueden, por supuesto, ser reducidos por la alimentación con pasturas conservadas. La conservación de parte de los pastos excedentes del periodo de abundancia, la siembra de forrajes anuales como avena, vicia, cebada, etc., y la elaboración de ensilaje de maíz choclero pueden ser formas de controlar la escasez de alimentos para los animales en la época seca (Bojórquez *et al.* 2015).

El fertilizar con nitrógeno puede ser considerado como un suministro de más pasto, si es que resulta en un incremento de la tasa de crecimiento. La respuesta al nitrógeno varía de acuerdo a la época de aplicación, temperatura del suelo, humedad, etc. (Thomson y Roberts 1982; en Avalos 2006). Valores apropiados para un tipo de suelo particular y clima, podrían ser utilizados en la planificación alimenticia y estos pueden ser obtenidos de los servicios agrícolas.

2.5.2. Demanda de forraje

La demanda de la pastura es usualmente expresada como kg MS/ha sobre la base de un día o un año; para comparación directa con la oferta de la pastura. La demanda de la pastura es calculada a partir de la energía requerida para satisfacer una producción objetivo. Para ovinos, vacunos en crecimiento y vacas de carne, los objetivos son usualmente el peso de vellón, el peso vivo y la ganancia de peso vivo; y para vacas lecheras el objetivo es la producción de leche y el puntaje de condición corporal. La demanda de forraje es calculada para hatos de animales y como hay una considerable variación entre animales, el peso vivo promedio, la ganancia de peso vivo, la producción de leche, etc.; la demanda es calculada para el animal promedio empleado (Avalos 2006). El requerimiento de EM para el animal promedio de un hato (MJ EM/d) para conocer la producción objetivo-esperada, es tomado de tablas apropiadas. Para la mayoría de los planes alimenticios, ello es conveniente convertir de MJ EM/d a kg MS/d; dividiendo entre la M/D (densidad energética) de la pastura y expresado como MJ EM/kg MS consumida (Avalos 2006).

La dieta seleccionada por los animales al pastoreo está determinada por aspectos de comportamiento y usualmente es de digestibilidad superior (o VEF) que la pastura ofrecida; ya que las hojas verdes son seleccionadas en preferencia al material muerto o seudotallos (Ñaupari y Flores 2001). El nivel de consumo o severidad de pastoreo tendrán una considerable influencia sobre el VEF de la pastura consumida. Cuando el forraje asignado es bajo, los animales pastorean hasta una masa vegetal baja y consumen proporcionalmente más material muerto y tallos, y por lo tanto el VEF de la dieta es inferior; comparado con animales con una asignación y consumo superior (Avalos 2006).

La definición recomendada para la demanda de la pastura es en kg MS/cabeza/día. Para convertir la demanda por hectárea, el requerimiento animal puede ser multiplicado por la capacidad de carga (número de animales divididos por el área disponible para ellos). La demanda de forraje puede ser expresada para diferentes escalas de tiempo. La demanda promedio anual para clases distintas de ganado puede ser calculada por la suma de la demanda para los diferentes períodos de producción a lo largo del año (Avalos 2006).

2.5.3. Perfiles de alimentación

Los perfiles alimenticios son empleados para establecer las capacidades de carga potenciales y el balance estacional de la demanda de alimento con los patrones esperados de oferta de la pastura. El terneraje necesita ser definido temporalmente para sincronizar el incremento de la demanda de alimento durante la lactación con el incremento del crecimiento de la pastura, en la primavera. Las políticas de venta del ganado están frecuentemente influenciadas por la declinación durante el verano-otoño en el crecimiento del forraje. El perfil alimenticio está relacionado con la situación "promedio", en donde la producción anual total y el patrón de crecimiento es comparado con la demanda de alimento del sistema (Ñaupari y Flores 2002).

La capacidad de carga potencial contenida en un mismo sistema es calculada dividiendo el crecimiento promedio anual por la demanda anual de alimento para el sistema. La regulación de los eventos que influyen la demanda de alimento puede ser organizada para comparar el patrón de oferta de la pastura. En algunos meses la tasa de crecimiento excede la demanda y en otros meses es menor. Un perfil de alimentación muestra cuando, y aproximadamente cuánto alimento puede ser conservado o transferido como disponibilidad incrementada, y puede dar una guía aproximada de la cantidad de alimento suplementario requerido. Los extremos de la disponibilidad de la pastura pueden indicar cuando una acción de manejo puede ser requerida (Avalos 2006).

Cuando la disponibilidad es baja, la pastura puede ser insuficiente para alcanzar el consumo deseado. La disponibilidad puede ser incrementada por cambio en la época de los eventos, para dar un mejor balance entre la oferta y la demanda; o por una alimentación con heno o ensilado. La disponibilidad promedio alta (mayor a 2500 kg MS/ha) indica la necesidad de conservación o incremento de la demanda alimenticia a través de la compra de ganado o a

través de cambios en la época de los eventos. En situaciones más complejas; que envuelven ovinos y vacunos, y diferentes clases de ganado, el requerimiento de alimento diario promedio para cada una de las clases de ganado por cada mes es multiplicado por la capacidad de carga para esa clase (el número de animales de esa clase dividido por el área de la finca). La demanda de cada una de las clases es entonces totalizada para dar la demanda diaria promedio de alimento en kg MS/ha. Esta puede ser comparada con la tasa de crecimiento esperada de la pastura para cada mes. En fincas de ovinos y vacunos, el incremento en la primavera de la demanda alimenticia parecería equilibrar el incremento en la tasa de crecimiento del forraje (Avalos 2006).

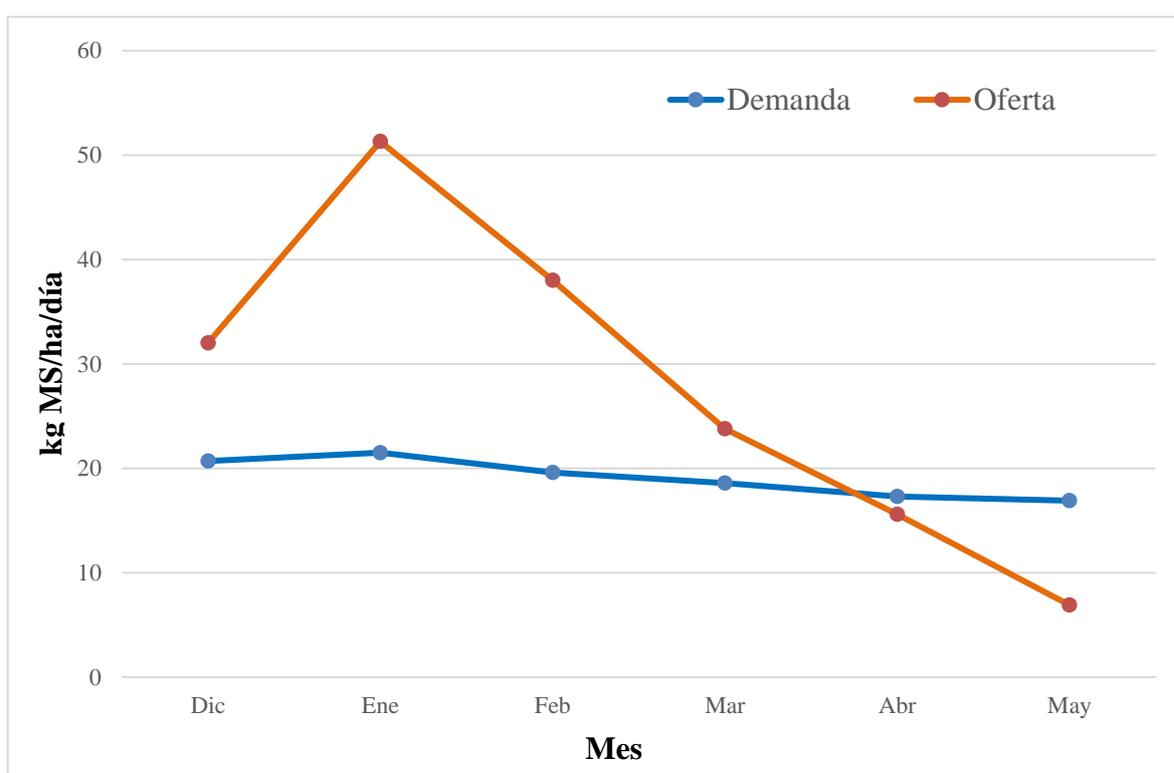


Figura 2: Oferta y demanda de forraje en la época lluviosa

Fuente: Flores *et al.* (2006).

En la Figura 2 se muestra un balance entre la oferta y demanda de forraje como resultado de un perfil alimentario elaborado para vacas lecheras en praderas cultivadas en secano, encontrándose un balance positivo entre la oferta y demanda de forraje para los meses de diciembre a inicios de abril, y un balance negativo entre fines de abril y mayo, para una carga de 1.9 UA/ha y una producción promedio de leche de 5.0 l/vaca/día, concluyéndose que la

La demanda y la oferta son comparadas para calcular el exceso, balance o déficit de forraje. Cuando resulta en un déficit, se recomiendan que los cambios en las tasas de crecimiento y la disponibilidad final sean confirmados cuando sea conveniente. Si todavía hay un déficit de alimento, el costo de adicionar alimento suplementario tiene que ser evaluado, frente al efecto de la producción disminuida por el reducido consumo de alimento. Similarmente, si hay un exceso después del chequeo de la tasa de crecimiento y la disponibilidad utilizada, dicho excedente puede ser utilizado en alguna otra vía, tal como la conservación o compra de ganado (Avalos 2006).

2.5.5. Planes de pastoreo

Los planes de pastoreo involucran la toma de decisiones acerca de cuánto tiempo debería un hato de animales permanecer en cada potrero para alcanzar un nivel de ingestión de forraje acorde con el nivel de producción deseado. O bien, para establecer la superficie diaria de pastoreo por un hato de vacas, a partir del cual se puede estimar la intensidad de pastoreo y los días de descanso de cada potrero (Flores *et al.* 2006). La construcción de un presupuesto alimenticio que asegure que la oferta es por lo menos igual a la demanda constituye un requisito previo al diseño e implementación de un plan de pastoreo. El Método Residual es el procedimiento más común para determinar cuántos días un grupo de animales debería permanecer en un potrero:

- a. Forraje utilizable = (disponible-residual) x área
- b. Demanda = N° de animales x ingestión
- c. N° de días = a/b

El éxito para alcanzar un nivel de producción adecuado depende de la relación que exista entre la ingestión de forraje y la cantidad de forraje residual que a su vez es influenciado por la disponibilidad, composición y tipo de pastura. La relación entre la ingestión de forraje y la cantidad de forraje residual es curvilínea, y específica para especie y estado fisiológico, existiendo una cantidad óptima de forraje residual a partir de la cual no se obtienen beneficios o incrementos en la ingestión de forraje (Ñaupari y Flores 2001).

En situaciones donde la disponibilidad de forraje es poca, la ingestión es limitada por la dificultad de cosechar tallos y material senescente que normalmente se acumula en el estrato inferior. En forrajes de relativa mayor altura, la posibilidad de selección aumenta al igual que la tasa de crecimiento, permitiendo una mayor ingestión de forraje. En campos donde la disponibilidad de forraje excede a la demanda se puede acumular forraje por arriba del óptimo deseado, con la consecuente baja en el valor nutritivo y performance animal (Ñaupari y Flores 2001).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA EXPERIMENTAL

El presente estudio se llevó a cabo en la Sociedad Agrícola de Interés Social (SAIS) Pachacútec Ltda. N° 7 ubicada en el distrito de Marcapomacocha, provincia de Yauli del departamento de Junín. Específicamente se situó en el campo "Cachapata" de la Unidad de Producción (UP) Conocancha, localizada a 4200 metros sobre el nivel del mar. (Figura 3). Geomorfológicamente, el área experimental corresponde a una terraza de origen fluvio – glacial, topografía circundante colino – montañosa; relieve plano casi plano; y pendiente nulo a muy leve (0 – 2 por ciento).

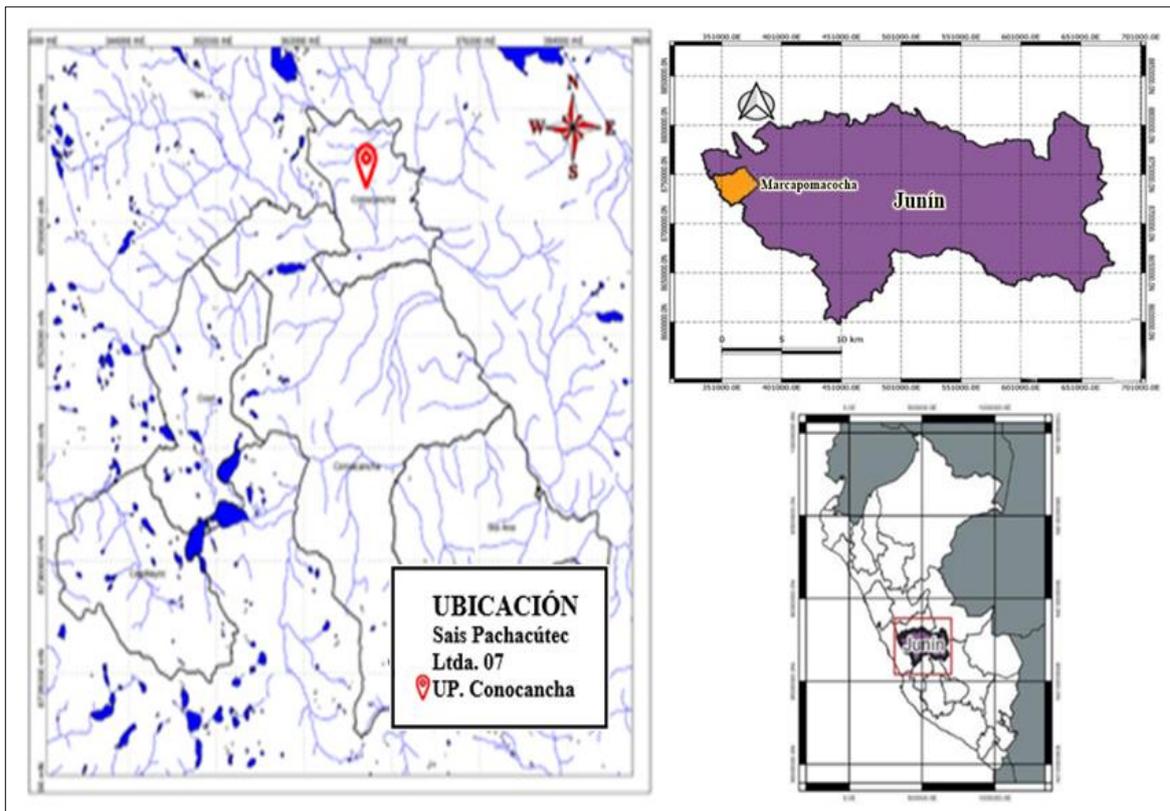


Figura 3: Mapas de ubicación SAIS Pachacútec Ltda. N° 7

Las características físico – químicas del suelo reportan tener una capacidad de campo del 60 por ciento, textura franco-arenosa, reacción del suelo 5.2, el cual está dentro de los límites para el desarrollo de especies cultivadas, alto contenido de materia orgánica 3.54 por ciento, niveles altos de P₂O₅ (22.1 ppm) y K₂O (343 kg/ha), en sus formas disponibles para las plantas, respectivamente (Anexo 1)

La pastura del ensayo abarcó 25 hectáreas y la asociación vegetal estuvo representada por una mixtura de plantas gramíneas y leguminosas, cuyo aporte por cada especie fue el siguiente: *Dactylis glomerata* “dactylis”, 54.7 por ciento; *Trifolium repens* (“trébol blanco”, 30.6 por ciento; *Trifolium pratense* “trébol rojo”, 8.0 por ciento; *Lolium perenne* “rye grass inglés”, 3.0 por ciento; *Lolium multiflorum* “rye grass italiano”, 0.6 por ciento; y especies nativas, 3.1 por ciento.

3.2. DURACIÓN

El ensayo se ejecutó efectivamente entre los meses de noviembre de 1996 a octubre de 1997; con el fin de realizar las evaluaciones durante las cuatro estaciones climáticas del año, primavera – verano (periodo húmedo o lluvioso) y otoño – invierno (periodo seco) con diferentes patrones de temperatura, lluvias y heladas; y el manejo del hato de toretes por campañas que en conjunto inciden sobre la producción general de la pradera cultivada.

3.3. EQUIPOS Y MATERIALES

Se contó con quince jaulas de crecimiento de forraje, dos cuadrantes, dos tijeras, dos termómetros, una balanza de tolva de 2000 g de capacidad, clavos de 3.0 pulgadas, vasitos plásticos, bolsas de papel, y plumón indeleble.

Las jaulas tuvieron dimensiones de 0.80 x 0.80 x 0.40 metros de largo, ancho y alto, respectivamente. Los materiales de fabricación fueron fierros de ángulo recto "tipo L" de 1 pulgada de ancho, alambre galvanizado tejido de 4.0 milímetros de criba, tubos de fierro de 10.0 centímetros de largo y 0.50 pulgadas de diámetro, y estacas de fierro de 50.0 centímetros de largo y 0.50 pulgadas de diámetro rebajado.

Los cuadrantes fueron diseñados con varillas de fierro de 0.5 centímetros de diámetro y tuvieron 0.50 x 0.50 metros de largo y ancho.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Las mediciones de campo de la temperatura del suelo, humedad del suelo y disponibilidad forrajera se realizaron al inicio de cada mes, mientras que las tasas de crecimiento al término del mes respectivo.

3.4.1. Temperatura y humedad del suelo

Las temperaturas y humedades del suelo fueron tomadas teniendo como referencia la ubicación de las jaulas de crecimiento que fueron distribuidas sistemáticamente a lo largo del campo experimental en una sola fila y equidistantes una de otra, siendo posteriormente identificadas con los numerales “1” al “15”.

Para la toma de temperatura y humedad, se ubicó un punto circundante a sólo seis de las quince jaulas disponibles; tales puntos fueron definidos de forma intercalada y corresponden a las jaulas 3, 5, 7, 9, 11 y 13. Cada uno de los puntos, conforme se iban efectuando la toma mensual de datos, fueron girando en sentido horario en un radio de dos metros. Cuando se realizó la primera lectura, con una pala recta se ubicó el punto y se cavó un hoyo de 0.30 x 0.30 x 0.30 metros de largo, ancho y profundidad; respectivamente. A 10 y 20 centímetros de la superficie del suelo se hizo un agujero lo suficientemente grande como para que permita la introducción simultánea de los termómetros, y así tomar la lectura de los mismos, luego de no menos de 5 minutos de introducidos.

Seguidamente, se tomaron muestras de suelo a 10 y 20 centímetros de profundidad, aprovechando el hoyo cavado; siendo depositadas las muestras en vasitos plásticos debidamente identificados y herméticamente sellados, para su posterior traslado y análisis en el Laboratorio de Utilización de Pastizales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). El análisis efectuado fue el de contenido de humedad por gravimetría empleando una estufa a 105 °C por 24 horas (AOAC 1980).

Tanto la temperatura como la humedad del suelo permitieron conocer la fluctuación de tales parámetros a lo largo del año, y analizar la influencia que estas variables ejercen sobre la tasa de crecimiento del forraje.

3.4.2. Tasa de crecimiento y disponibilidad del forraje

Las jaulas distribuidas en todo el campo experimental fueron utilizadas directamente para la medición de la tasa de crecimiento, y referencialmente para la disponibilidad del forraje; ambos parámetros de medida se llevaron a cabo con una frecuencia mensual.

Para el caso del crecimiento; previamente a la toma de la primera lectura, se hicieron los cortes de forraje con tijera, en cada uno de los puntos asignados para la colocación de las jaulas. Los cortes se realizaron al ras del suelo, y seguidamente se colocaron cada una de las jaulas. A los treinta días (primera lectura) se desplazó la jaula y se colocó sobre el área cortada un cuadrante de 0.25 m² de área, fijándose al suelo con clavos en los vértices. Se procedió con el corte al ras, y las muestras obtenidas fueron depositadas en una bolsa de papel y/o plástico (dependiendo de la presencia o ausencia de lluvia o granizada), siendo inmediatamente pesadas y enviadas para su análisis respectivo (ASRM 1962). Una vez cortadas cada una de las parcelas, se volvieron a fijar las jaulas en otro punto aledaño a la inicial. Ello permitió aislar el efecto de corte sucesivo sobre una misma parcela. Mensualmente (cada treinta días) se repitieron los cortes de la pastura. Las muestras de forraje fueron trasladadas al Laboratorio de Utilización de Pastizales de la UNALM, para la determinación de la materia seca utilizando una estufa a 60°C por 48 horas (AOAC 1980), y la obtención del peso seco del forraje crecido mensualmente. El valor hallado (en gramos) para cada muestra, fue multiplicado por el factor 40 para estimar el crecimiento logrado en kilogramos por hectárea, y luego fue dividido por el número de días transcurridos entre corte y corte; esto permitió expresar la tasa de crecimiento de forraje en kilogramos de forraje seco por hectárea y por día (kg MS/ha/día).

Para estudiar la relación de la tasa de crecimiento de forraje con la temperatura y humedad del suelo, se generaron tres modelos de regresión lineal y 2 polinomial que permitieron predecir la tasa de crecimiento. El procedimiento para elegir el mejor modelo se basó en el

nivel de significancia de la Prueba T de los coeficientes de las variables regresoras; y el coeficiente de determinación (r^2). Cabe indicar, en los modelos que contemplaron más de una variable regresora, se tomó como referencia al coeficiente de determinación ajustado. Finalmente, se ploteó los valores observados *vs* los predichos, para definir el mejor modelo que se ajuste a la realidad (Montgomery, 2002). Para obtener los modelos se utilizó el programa SAS versión 9.2, con el procedimiento “PROC REG”.

La disponibilidad de forraje se midió utilizando el método de corte y separación manual por especies y partes (ASRM 1962) y para lo cual se eligió un área cercana a la jaula de crecimiento, con características de no haber sido pastoreada y ser representativa del campo. Sobre tal área, se fijó el cuadrante de 0.25 m² y con la tijera se efectuó el corte al ras. La muestra fue embolsada, pesada y enviada al Laboratorio de Utilización de Pastizales de la UNALM para la determinación de su materia seca, mediante una estufa a 60°C por 48 horas (AOAC 1980), y la consiguiente determinación del peso seco del forraje disponible por hectárea (kg MS/ha). Mensualmente (cada treinta días) se repitió la misma metodología. Cabe mencionar que las parcelas elegidas para el corte de la disponibilidad se emplearon para medir la tasa de crecimiento del forraje del mes precedente, protegiendo previamente dichas parcelas con las jaulas respectivas. Así mismo indicar que, en el campo, los cortes de forraje fueron depositados en bolsas plásticas a fin de evitar que se mojen con la aparición intempestiva de una lluvia. Después de tomar todas las muestras, en un lugar bajo techo, se realizó el cambio a bolsas de papel.

3.4.3. Valor energético y proteico del forraje

Para la elaboración del perfil de alimentación se requirió evaluar el valor energético del forraje (VEF) disponible como energía metabolizable (EM) y el contenido de proteína cruda (PC). Para ello, se partió del análisis de la digestibilidad *in-vitro* de la materia orgánica en la materia seca (DMOMS) de las muestras mensuales de forraje disponible, y aplicando la ecuación de MAFF 1975, se estimó la EM expresada en MJ EM/kg MS (Tabla 5), y los valores de PC se determinaron mediante el sometimiento de las muestras al análisis Semi-micro Kjeldhal (AOAC 1980) lo que sirvió como referencia respecto a los requerimientos de proteína de los toretes.

Tabla 5: Valor nutritivo y energético del forraje disponible del campo “Cashapata” en la UP Conocancha

Mes	Proteína cruda	Digestibilidad	VEF
	(%)	<i>In-vitro</i> de MO en MS ¹ (%)	(MJ EM/kg MS) ²
Noviembre	18.8	48.8	7.8
Diciembre	20.9	45.6	7.3
Enero	22.7	54.4	8.7
Febrero	17.5	48.1	7.7
Marzo	17.6	45.0	7.2
Abril	16.3	36.3	5.8
Mayo	17.1	40.6	6.5
Junio	16.2	39.4	6.3
Julio	16.0	44.4	7.1
Agosto	15.9	49.4	7.9
Setiembre	23.4	41.9	6.7
Octubre	20.2	45.0	7.2
Promedio	18.6	44.9	7.2

¹DMOMS empleando el Método de Tilley y Terry modificado por Van Soest (1972).

²El valor energético del forraje estimado a partir de la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica en la materia seca y aplicando la ecuación: $EM=0.16 \times DMOMS$ (MAFF, 1975; en Geenty y Rattray (1987).

Los valores de VEF fueron utilizados en el perfil de alimentación para calcular la demanda de forraje o asignación de forraje de los toretes mes a mes. Los análisis de DMOMS y PC se realizaron en el Laboratorio de Bioquímica y Nutrición, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos y en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos, Facultad de Zootecnia de la UNALM, respectivamente.

3.4.4. Elaboración del perfil de alimentación

La alimentación de los toretes en el campo “Cashapata” se caracterizó principalmente por manejar un sistema de pastoreo de rotación corta en fajas, usando cercas eléctricas portátiles, con periodos de pastoreo de 1 a 2 días por faja y periodos de descanso de 30 a 45 días; con una carga animal registrada en diciembre (inicio de verano) de 2.90 UA/ha (3.76 toretes/ha) y 3.00 UA/ha (4.24 toretes/ha) en mayo (otoño), y con densidades de pastoreo de 48.23 UA/ha y 182 UA/ha y peso vivo promedio de toretes de 325 kg y 288 kg, para diciembre y mayo, respectivamente (Anexo 2).

Según los registros del U.P. Conocancha, los toretes ingresan a la pastura con un peso promedio de 230 kg P.V., a los 10 a 11 meses de edad manteniéndose por un periodo aproximado de cinco meses, y logrando al final un peso promedio de 380 kg P.V., para luego finalmente ser trasladados a la costa a un engorde intensivo de tres meses logrando un PV final entre 500 a 580 kg, entre los 18 a 19 meses de edad (2 dientes).

La elaboración del perfil de alimentación se basa en un balance entre la oferta del forraje y la demanda de forraje de los toretes durante el periodo de estudio (Milligan et al. 1987). Como información básica se calculó la producción promedio anual (kg MS/ha/año) del forraje en base al patrón mensual obtenido de la tasa de crecimiento del forraje (kg MS/ha/día). La tasa de crecimiento diaria fue multiplicada por el número de días correspondientes al mes y luego se realizó el sumatorio total.

Con respecto a la demanda de forraje, se estimó el requerimiento individual de materia seca (kg MS/torete/periodo), considerando que el período de crecimiento-engorde planteado fue de 120 días (4 meses), y los toretes ingresarían al periodo con un peso vivo promedio de 230 kg y una ganancia promedio diaria de 0.75 kg, con excepción de los meses de abril, mayo y junio donde los VEF solo permitieron incrementos diarios de 0.50 kg; para lo cual, los requerimientos nutricionales del hato de toretes se basaron solo en los requerimientos de energía metabólica ya que los niveles de proteína en el forraje disponible a lo largo del año (Tabla 5) estuvieron por encima de los requerimientos de mantenimiento y crecimiento de los toretes (Geenty y Rattrays 1987; MLA 2006) .

Las necesidades energéticas diarias del torete (MJ EM/día) se determinaron por extrapolación en base a la tabla de requerimientos energéticos presentada por MLA (2006) (Anexo 3), y se dividieron entre el VEF respectivo, lo que nos permitió conocer la asignación diaria de forraje por torete (kg MS/torete/día) calculado mes a mes en cada periodo. Cabe recalcar que para un año se definieron tres períodos de crecimiento-engorde (noviembre - febrero, marzo - junio, y Julio - octubre); y que la cantidad de forraje requerido por período fue calculada multiplicando la asignación de forraje diaria por el número de días del mes respectivo y sumadas mes a mes para cada periodo (kg MS/torete/periodo).

Seguidamente se obtuvo la capacidad de carga propuesta para cada periodo (toretos/ha/periodo) dividiendo la producción de forraje (kg MS/ha/periodo) entre el requerimiento de forraje (kg MS/torete/periodo). Asimismo, en cada periodo, se calculó la demanda del hato por hectárea (kg MS/ha/día), al multiplicar la asignación de forraje por la carga propuesta; y comparada con la tasa de crecimiento del forraje (kg MS/ha/día).

Finalmente se determinaron los cambios en disponibilidad mensual (kg MS/ha), la disponibilidad al inicio del mes (kg MS/ha), la disponibilidad más crecimiento (kg MS/ha) y la utilización (%) al final del mes. Los cambios mensuales en disponibilidad del forraje se obtuvieron sustrayendo a la tasa de crecimiento, la demanda del hato, y multiplicando por el número de días correspondientes al mes calculado.

La disponibilidad al inicio del primer mes fue referida a la producción de forraje encontrada al 1 de noviembre, que fue de 2260 kg MS/ha. La disponibilidad más crecimiento estuvo referida a todo el mes. La disponibilidad al final del mes se calculó sumando o restando el cambio de disponibilidad, a la disponibilidad inicial. La utilización se estimó sustrayendo a la disponibilidad más crecimiento, la disponibilidad al final del mes y dividiendo el resultado por la disponibilidad más crecimiento, y finalmente multiplicándolo por 100.

3.4.5. Elaboración del presupuesto de alimentación

El presupuesto alimentario consistió en realizar dos balances forrajeros entre la demanda de los toretes y la oferta del forraje disponible, para el periodo lluvioso (enero a marzo) donde

se registró un exceso de oferta forrajera y para el periodo seco (abril, junio-septiembre, noviembre y diciembre) donde se registró un déficit de forraje.

La oferta de forraje para un período determinado estuvo integrada por la disponibilidad inicial, el crecimiento y el forraje remanente. La disponibilidad inicial (kg MS/ha) para el primer presupuesto correspondió a lo que existía a fines de diciembre según el perfil alimentario y para el segundo presupuesto correspondió al residual o disponibilidad final del mes de marzo, como resultado del presupuesto del periodo de lluvias. El crecimiento (kg MS/ha/período) se calculó considerando el valor de la tasa de crecimiento diaria (kg MS/ha/día) y el número de días respectivos a cada mes involucrado dentro del período. A la sumatoria de la disponibilidad inicial y el crecimiento, dentro del presupuesto respectivo, se le restó el forraje residual (kg MS/ha) estimado como el 30 por ciento de la sumatoria anterior.

La demanda de forraje (kg MS/ha) se calculó, según el período, multiplicando la carga animal propuesta (toretas/ha) por el requerimiento de forraje (kg MS/torete/día) y por el número de días del período involucrado. El balance final se realizó restando la demanda a la oferta de forraje según el período analizado.

Cuando el balance resultó en un exceso de forraje, se decidió calcular el número de toretas adicionales de 230 kg de peso vivo promedio, que podrían ser trasladados del forraje natural al forraje cultivado. Para tal efecto, se estimó la asignación de forraje de un torete adicional (kg MS/torete/día) en base a los requerimientos energéticos en la tabla presentada por MLA (2006), para un incremento de peso vivo de 0.75 kg/día y según el valor energético del forraje del mes respectivo. El excedente de forraje (kg MS/ha) se dividió entre la demanda de un torete adicional para el periodo (kg MS/torete) y se obtuvo la carga animal adicional (toretas/ha), luego se multiplicó por el área total de la pastura (25 ha) y se determinó el total de toretas adicionales que podrían ingresar al módulo durante el periodo de lluvias (enero-marzo).

Contrariamente, cuando el balance forrajero resultó en déficit, se optó por calcular el área de avena forrajera (*Avena sativa*) a sembrar con el fin de ensilar para la suplementación y

compensar el desbalance forrajero, de tal manera que los toretes logren satisfacer sus requerimientos nutricionales.

Se asumió que el VEF del forraje ensilado aportaba 7.7 MJ EM/kg MS (Gloria, UCSM y INCAGRO 2010) para determinar su equivalente pastura (EP), definido como los kg de ensilado que provee la misma cantidad de energía que un kg de la pastura disponible. Para ello, se consideró el promedio aritmético del VEF de la pastura disponible dentro del periodo, y luego se dividió entre el VEF del ensilado.

Para calcular el área de siembra (ha), se procedió de la siguiente manera: El valor del balance negativo del forraje expresado en kg MS/ha se multiplicó por el área total de la pastura y por el EP para obtener la cantidad de materia seca del ensilado requerido durante el periodo en kg MS. La cantidad total de forraje ensilado se calculó incluyendo las pérdidas acuosas, gaseosas y vegetales de 20 por ciento (Flórez y Bryant 1994) al valor anterior, es decir multiplicándolo por el factor EP; finalmente, la cantidad total del ensilado se dividió entre el rendimiento de materia seca de la avena forrajera. El rendimiento de materia seca del cultivo de avena forrajera se consideró en 9877 kg de MS por hectárea para el estado grano lechoso (Montoya 2017).

3.4.6. Elaboración del plan de pastoreo

La construcción de un presupuesto alimenticio que asegure que la oferta es por lo menos igual a la demanda constituye un requisito previo al diseño e implementación de un plan de pastoreo (Ñaupari y Flores 2002); por lo que, se procedió al diseño de un plan de pastoreo demostrativo, partiendo de los datos calculados en el perfil y presupuesto para periodo lluvioso. Del perfil se rescataron la tasa de crecimiento de forraje, el VEF, el requerimiento de energía de los toretes, y la carga propuesta. Del presupuesto se tomaron en cuenta la asignación de forraje y mantener como forraje residual el 30 por ciento del forraje disponible.

El número de toretes que rotaría de potrero a potrero fue calculado multiplicando la carga propuesta en el presupuesto, por el área total de la pastura.

El área experimental fue dividida de manera simulada en 15 potreros que variaron entre 1.6 a 1.7 ha y que coincidieron con la colocación sistemática de las jaulas de crecimiento de forraje. Esta división en la práctica se realizó usando cercas eléctricas portátiles al interior del cerco perimetral permanente de las 25 ha.

El cálculo del número de días de permanencia dentro de un potrero se realizó sumando la disponibilidad (kg MS/ha) y el crecimiento respectivo (kg MS/ha/día x N° de días), y restándole a ello el 30 por ciento como remanente propuesto. El resultado se multiplicó por el área del potrero respectivo y se le dividió por la demanda animal diaria de forraje, la que, se estimó sumando el producto del número de toretes del sistema, y el número de toretes adicionales por sus asignaciones de forraje respectivas.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los valores de las variables de temperatura y humedad del suelo fueron analizados bajo un Diseño Completo al Azar con un Arreglo Factorial 12 x 2 (Calzada 1982), en donde los tratamientos correspondieron a la combinación factorial de los meses por el nivel de profundidad de muestreo. El modelo aditivo lineal utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + P_j + (M*J)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk}	=	Variable de respuesta.
μ	=	Efecto de la media general.
M_i	=	Efecto del i-ésimo mes.
P_j	=	Efecto del j-ésimo nivel de profundidad.
$(M*J)_{ij}$	=	Efecto de la interacción entre el i-ésimo mes por el j-ésimo nivel de profundidad.
e_{ijk}	=	Error experimental.

Los resultados de la tasa de crecimiento y disponibilidad de forraje se analizaron bajo un Diseño Completamente Randomizado (Calzada 1982), en donde los meses correspondieron

a los tratamientos y las jaulas de crecimiento (o parcelas) a las repeticiones. El modelo aditivo lineal empleado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + M_i + e_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} = Variable de respuesta.
- μ = Media general.
- M_i = Efecto del i-ésimo mes.
- e_{ij} = Error experimental.

Para ambos diseños se utilizó la prueba de DLS (Calzada 1982) con un nivel de exigencia de 0.05.

Para analizar la relación funcional entre la tasa de crecimiento con la temperatura y humedad del suelo, se generaron modelos lineales y polinomiales en base a sus ecuaciones generales (Montgomery 2002).

Regresión lineal:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$$

Donde:

- Y_{ij} = La tasa de crecimiento al i-ésima temperatura del suelo en la j-ésima humedad del suelo.
- β_0 = Intercepto
- β_1 y β_2 = coeficientes de variables regresores
- X_1 = Temperatura del suelo
- X_2 = Humedad del suelo

Regresión polinomial:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_1^2 + \dots + \beta_n X_1^n$$

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_2 + \beta_2 X_2^2 + \dots + \beta_n X_2^n$$

Donde:

Y_i = Tasa de crecimiento

β_0 = Intercepto

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ = coeficiente de variables regresoras

X_1 = Temperatura del suelo

X_2 = Humedad del suelo

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL SUELO

4.1.1 Temperatura

Al evaluar la temperatura en una serie temporal de 12 meses se evidenció una mínima temperatura en el suelo (de 10 a 20 cm) en el mes de mayo con 8.1 ± 0.6 °C, en tanto que la máxima fue en el mes de septiembre con 13.4 ± 1.6 °C; en cuanto al mes de mayo coincide con la época seca propia del suelo alto andino en Perú, mientras, el mes septiembre coincide con el inicio de lluvias y por ende con la época húmeda. En cuanto a las diferencias entre los meses evaluados por épocas se evidencia diferencias significativas ($p < 0.05$) como se muestra en la Figura 4. Sin embargo, no se hallaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los 10 y 20 cm de profundidad del suelo, a lo largo del año, reportándose 11.4 ± 0.7 y 11.1 ± 0.7 °C, respectivamente (Anexo 4 y 5).

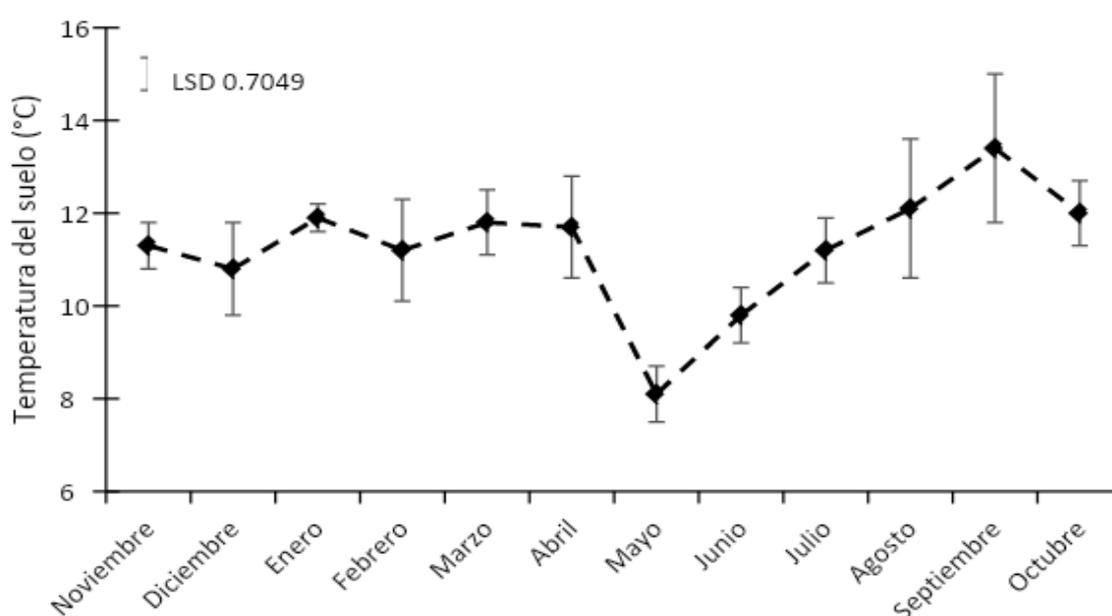


Figura 4: Variación mensual de la temperatura del suelo

Al respecto, de manera similar Avalos (2006) en una pastura aledaña a la zona de estudio reportó una mínima temperatura en el mes de julio con 9.0 ± 1.0 °C, en tanto que la máxima se evidenció en el mes de enero con 13.3 ± 0.6 °C; por otro lado, Flores *et al.* (2005) reportaron a una altitud de 4350 m.s.n.m., en una pastura bajo secano un rango de temperatura del suelo entre 7.0 a 9.3 °C, menores a las encontradas en este estudio debido probablemente a la mayor altitud de la zona.

Existe una relación entre época del año y temperatura del suelo, siendo esta mayor en la época húmeda, así también al tomar medidas sobre los 10 cm la temperatura osciló entre 10-11 °C a la resiembra de tréboles en pastizales naturales (Oscanoa & Flores 2016). En el presente estudio se evidencia mayor temperatura, pero hay que tener en cuenta la profundidad a la que fue tomada y su relación con otras variables como humedad del suelo y año. Por otro lado, Aguirre y Flores (1996) muestran mayores temperaturas del suelo (15 °C) en los meses de marzo, abril y mayo, posiblemente difieran del perfil reportado en nuestro estudio debido a la cobertura vegetal del área evaluada.

La temperatura del suelo regula la tasa de los procesos metabólicos, y la habilidad de las plantas para convertir los azúcares durante el crecimiento, afectando el crecimiento por cambios en la tasa de microorganismos del suelo que hacen disponible el nitrógeno para ser asimilados por las plantas a través de la mineralización (Nuñez 2017). Cada especie posee un intervalo preferentemente de temperatura, que se sitúa en valores del orden de 10 a 20 °C para la mayor parte de especies de forrajes provenientes de zonas templadas que se han introducido a las áreas altoandinas (Bojórquez *et al.* 2015).

4.1.2 Humedad

La humedad gravimétrica durante los meses evaluados tuvo un máximo de 33.1 ± 3.7 por ciento en el mes de diciembre, mientras el mínimo fue de 21.4 ± 2.1 por ciento en el mes de julio, mismo promedio para el mes de agosto, pero con menos variabilidad; en cuanto a la comparación se evidencia diferencias significativas ($p < 0.05$) de los meses de julio y agosto con los demás meses, coincidiendo con la época seca de la región altoandina (Figura 5). La profundidad del suelo afectó significativamente la humedad promedio a los 10 y 20 cm

reportándose 29.0 ± 2.6 y 26.9 ± 2.8 °C respectivamente (Anexo 4 y 5). En la Figura 5 nótese que en el periodo de diciembre a abril las humedades son mayores a causa de una mayor frecuencia e intensidad de lluvias propias de la época. Por otro lado, se observa una tendencia decreciente de la humedad del suelo desde mayo a julio, probablemente por la ausencia de lluvias y una falta de riego suficiente y oportuno, para luego, incrementar gradualmente asía noviembre, coincidentemente con las primeras lluvias de la primavera. En general, las humedades del suelo, a lo largo del año, no alcanzaron ni siquiera el 55 por ciento de la capacidad de campo (60 por ciento) registrada el análisis del suelo de “Cachapata”.

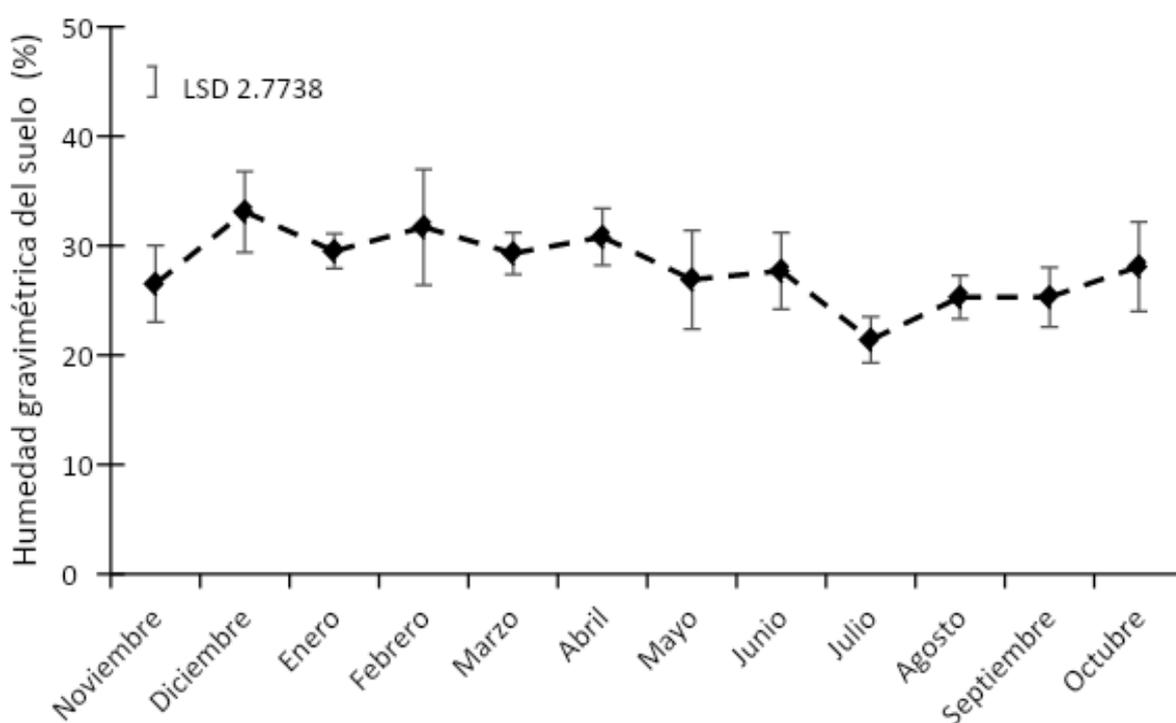


Figura 5: Variación mensual de la humedad del suelo

De igual manera, Avalos (2006) reporto una humedad gravimétrica máxima de 31.9 ± 2.8 por ciento, en el mes de diciembre y no encontrando diferencias estadísticas entre los meses de octubre a abril, y mayo y julio resultaron ser los meses con menor ($p < 0.05$) contenido de humedad gravimétrica de 22 ± 5.9 y 22.7 ± 5.1 respectivamente, estos valores estuvieron cercanos a los hallados en este estudio. Al respecto Flores *et al.* (2005) a una mayor altitud, reportaron una variabilidad de la humedad del suelo entre 29.9 por ciento en setiembre a 66.3 por ciento en marzo, superiores a los hallados en este estudio, posiblemente por mayores

niveles de precipitación pluvial de la zona. La precipitación es más intensa en la zona oriental y también se incrementa con la altura (Florez y Malpartida 1987).

La humedad volumétrica y gravimétrica están relacionadas por la densidad aparente del suelo, en la actualidad en pajonales altoandinos se reportaron humedades volumétricas que va desde 57.37 ± 0.78 a 13.86 ± 0.83 por ciento en la época húmeda (marzo) y seca (agosto) respectivamente (Trillo Zárate *et al.* 2020). En nuestro estudio evaluando la humedad gravimétrica no se evidencio diferencias extremas entre las épocas seca y húmeda, posiblemente se deba a la ubicación del sitio ecológico y que el área evaluada fue destinada para forrajes cultivados. En estudios sobre las variaciones de la tasa de crecimiento de forraje en la puna altoandina se reportó fluctuaciones de humedad gravimétrica del suelo de 27 por ciento en los meses enero y febrero a 21 por ciento en los meses de junio y julio (Aguirre y Flores 1996).

Para que la producción de forraje sea máxima se requiere una temperatura por encima de 10 °C y humedad cercana a capacidad de campo, con un probable incremento de hasta 8 kg MS/ha/día en la tasa de crecimiento por aumento de un grado Celsius en la temperatura y humedad, significando el decremento de cualquiera de ellos una causa de la reducción del crecimiento del forraje en 4 kg MS/ha/día (Baars 1980 y Radcliffe y Baars 1986; en Korte *et al.* 1987).

La base de datos, análisis de variancia y prueba de significación de medias para la temperatura y humedad del suelo son especificados en los Anexos 6-7 y 8-9, respectivamente.

4.2. TASA DE CRECIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE FORRAJE

4.2.1. Crecimiento

En este estudio el mayor crecimiento fue reportado en febrero con 43.7 ± 4.4 kg MS/ha/día, mientras el menor crecimiento fue en julio con 6.9 ± 2.9 kg MS/ha/día, por otro lado, en octubre se evidenció una mayor heterogeneidad en el crecimiento como lo evidencia su

desviación estándar (32.9 ± 17.7 kg MS/ha/día), posiblemente este comportamiento se deba al inicio de las lluvias (Anexo 10).

La Figura 6 exhibe de manera más ilustrativa la curva de tendencias de la tasa de crecimiento a lo largo del año. Nótese que en el periodo de enero a marzo se dan las mayores tasas de crecimiento lo cual coincide con los mayores reportes de temperatura y humedad del suelo, como también con la estación del verano lluvioso de la sierra peruana, luego la tendencia muestra una caída gradual del crecimiento de abril a julio coincidentemente con las más bajas temperaturas y humedades del suelo niveles que no llegaron ni al 55 por ciento de la capacidad de campo (600 g de agua saturan 1000 g de suelo del área experimental), como un reflejo del efecto estacional del otoño y el invierno seco de la zona alto andina, con frecuentes heladas, y percibiéndose una inadecuada práctica del riego que no permitió que las plantas, independientemente de su tolerancia a la sequía y baja temperatura, maximicen la tasa de crecimiento, y logren un mayor rendimiento forrajero.

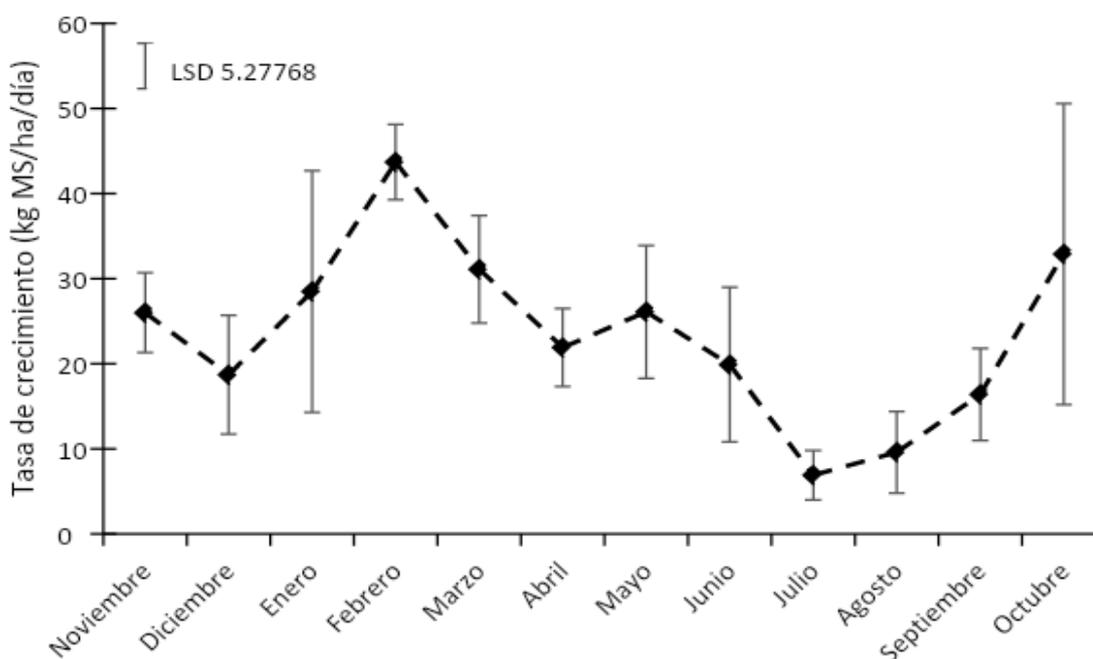


Figura 6: Variación mensual de la tasa de crecimiento del forraje

Al respecto Avalos (2006) para una pastura, cercana a la zona de estudio, reporto niveles similares para la máxima tasa de crecimiento en el mes de febrero con 47.2 kg MS/ha/día, definiendo de igual manera el periodo con mayores tasas de crecimiento de diciembre a

marzo y descendiendo de manera irregular hasta el mes de julio con 11.9 kg MS/ha/día. Por otro lado, Flores *et al.* (2005) para una pastura asociada en seco de *Dactylis glomerata* (57 por ciento) y *Trifolium pratense* (24 por ciento) sobre los 4,350 msnm reporto que las tasas mínimas ocurrieron en la época seca en el mes de mayo, 6.9 kg MS/ha/d, igual al presente estudio y la más alta en el mes de enero, 51.3 kg MS/ha/d superior a la de este estudio posiblemente como un reflejo de una mayor humedad reportada en el suelo.

También en otro estudio realizado en la sierra central a 3,800 msnm con una pastura asociada bajo riego de *Lolium perenne*, 56.5 por ciento y *Trifolium repens* 17 por ciento, las tasas de crecimiento, de igual manera, fueron mayores en los meses lluviosos de febrero, marzo y abril con 69.5, 67.4 y 65.1 kg MS/d, superando significativamente ($p < 0.05$) al crecimiento de forraje para los meses secos de mayo a agosto, 30.3 kg MS/ha/d (Ñaupari y Flores 2002), pero comparativamente con las halladas en este estudio estas son mayores y una razón podría ser la menor altitud en la que se desarrollan.

La tasa de crecimiento fue de 75 y 85 kg DM/ha/día de pasto ovido (*Dactylis glomerata*) en la estación de primavera y verano respectivamente, sometiendo a las pasturas a tres frecuencias (2, 3 y 4 semanas) y dos intensidades (3-5 y 6-8 cm de forraje residual) de pastoreo, obteniéndose un buen rendimiento y calidad de forraje con pastoreo de 4 semanas de frecuencia y alta intensidad en primavera-verano y cada 5 semanas en otoño (Villareal González *et al.* 2014). Los resultados obtenidos en nuestro estudio fueron menores, evidenciándose que el sitio tiene influencia sobre el crecimiento del forraje.

En la sierra central, factores como fertilidad del suelo, retención de humedad y nutrientes y pendiente del terreno parecen tener mayor influencia en el crecimiento de los forrajes que la altura, por lo menos hasta niveles por debajo de 3,700 m.s.n.m. (Bojórquez *et al.* 2015). Por encima de estas alturas, las temperaturas mínimas más bajas parecen empezar a limitar fuertemente la producción de los forrajes (Ruiz y Tapia 1987; en Bojórquez *et al.* 2015).

La base de datos, análisis de variancia y prueba de diferencia de promedios para la tasa de crecimiento del forraje son estipulados en los Anexos 11 y 12.

4.2.2. Predicción de la tasa de crecimiento

Se desarrollaron tres modelos lineales y dos polinomiales predictivos de la tasa de crecimiento, los cuales se muestran en la Tabla 6, indicando los coeficientes regresores con sus respectivas significancias y coeficiente de determinación (r^2).

Entre los modelos lineales, el modelo L3 ($TC = -14.91 + 1.41Hd$) para humedad del suelo mostró que fue muy altamente significativo a la variable regresora y con un coeficiente de determinación (r^2) de 18 por ciento, el cual fue superior a los modelos lineales L1 y L2. Con respecto a los modelos polinomiales, la Tabla 6 muestra que el modelo P2 ($TC = -6.72 + 0.0037Hd^3 - 0.00008Hd^4$) fue significativo para ambos coeficientes regresores y un r^2 del 19 por ciento. Esto evidencia que es la humedad y no la temperatura la que se encuentra mejor relacionada con la tasa de crecimiento, sin embargo, los r^2 de ambos modelos son bajos para una buena predicción (Montgomery 2002).

Tabla 6: Modelos predictivos lineales (L) y polinomiales (P) de la tasa de crecimiento

Modelo	Variable	Intercepto	P valor	B1	P valor	B2	P valor	B3	P valor	r^2
L1	Te y Hd	-9.47	0.551	-0.45	0.652	1.40	<0.001	---	---	0.16
L2	Te	33.83	0.008	-0.77	0.476	---	---	---	---	0.01
L3	Hd	-14.91	0.150	1.41	<0.001	---	---	---	---	0.18
P1	Te, Te ² y Te ³	800.03	<0.01	-217.25	0.011	19.93	0.011	-0.60	0.010	0.06
P2	Hd ³ y Hd ⁴	-6.72	0.481	0.0037	0.012	-0.00008	0.028	---	---	0.19

Al evaluar el perfil alimentario en vacas alimentadas en forrajes cultivados de una asociación rye grass y trébol en secano, se desarrolló un modelo polinómico de segundo grado de la tasa de crecimiento (TC) en kg/MS/d, a partir de la temperatura (T) y humedad del suelo (H) encontrando que la temperatura estuvo más correlacionada con esta variable [$TC=852.8+14.594(T)^2-222.7(T)$], y cuyo coeficiente de determinación (r^2) fue 86 por ciento (Flores *et al.* 2006), el modelo desarrollado en nuestro estudio tuvo un menor

coeficiente de determinación, sin embargo, los predictores estimados fueron mejores. Al estimar modelos para predecir la dinámica de crecimiento de *Pennisetum purpureum* vvc. Cuba CT-169, se tuvieron modelos con coeficientes de determinación (r^2) superiores a 89 por ciento, siendo los modelos no lineales Gompertz y logístico para época lluviosa y no lluviosa los más eficientes tanto para rendimiento en materia seca y altura a la planta (Rodríguez *et al.* 2011). Para nuestro estudio se evidenció que los modelos no lineales son los más eficientes para variables de crecimiento, sin embargo, el coeficiente de determinación encontrado fue ligeramente menor.

Los análisis de varianza y ploteo de los valores observados vs predichos, de los modelos de predicción lineal y polinómica para temperatura y humedad se encuentran en el Anexo 13.

4.2.3. Disponibilidad de forraje

La mayor disponibilidad de forraje se dio en el mes de mayo con 3048 ± 1048.1 kg MS/ha, aunque la variación nos indica un crecimiento no uniforme, por otro lado, en julio se tuvo la menor disponibilidad de forraje con 1301.3 ± 580 kg MS/ha (Figura 7).

Al desarrollar un perfil alimentario para vacas lecheras la mayor disponibilidad de forraje encontrada en la U.P. de Conocancha fue de 3936 kgMS/ha en el mes de abril, en tanto la menor disponibilidad fue en agosto 1410.7 kgMS/ha (Avalos 2006); así mismo en la U.P. Consac la mayor disponibilidad de forraje fue en el mes de junio con 4640 kgMS/ha (Ñaupari y Flores 2002). Comportamiento muy similar al reportado en nuestro estudio, cabe mencionar que la acumulación de la disponibilidad forraje producto de la época de lluvia se manifestó en los meses de mayo y junio, por lo tanto, como efecto de las mayores tasas de crecimiento logradas en los meses de enero, febrero y marzo, este efecto también explicaría que la caída fortuita de la tasa de crecimiento en el mes de diciembre (Figura 6) estaría reflejándose en la caída de la disponibilidad de forraje en el mes de enero (Figura 7), luego de estos meses la disponibilidad disminuye drásticamente hasta julio agosto, dependiendo del inicio de lluvias nuevamente se incrementa la disponibilidad de forraje.

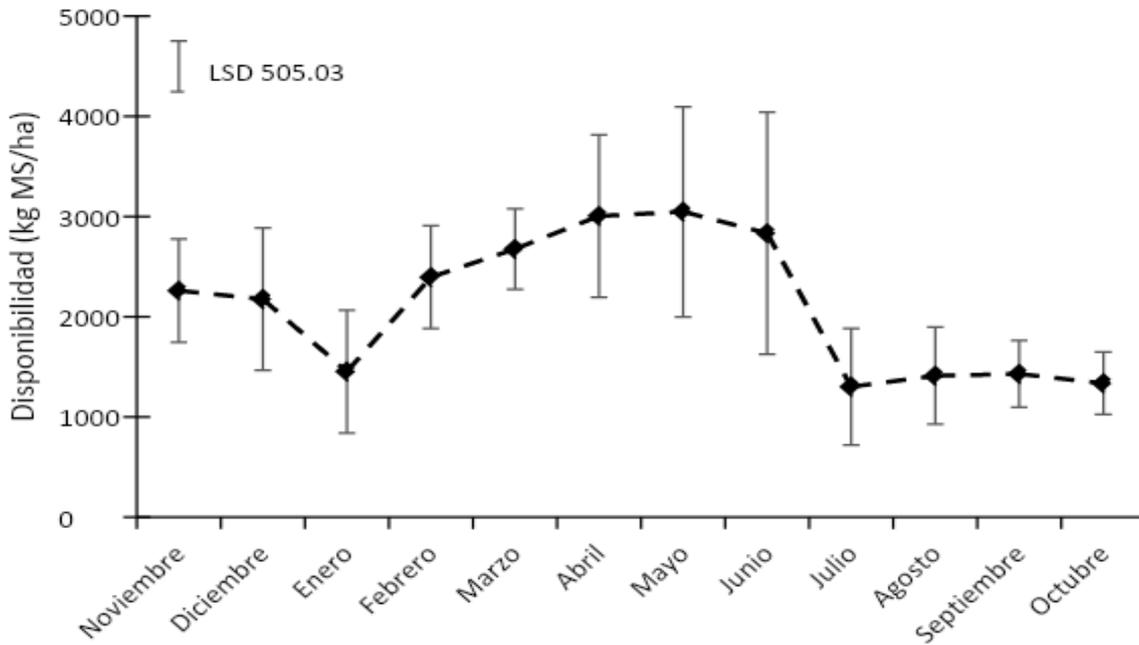


Figura 7: Variación mensual de la disponibilidad del forraje

La Sociedad Neozelandesa recomienda como mínimo niveles de 1600 – 2200 kg MS/ha para vacunos lecheros y 900 – 1100 kg MS/ha para borregas en parición. En términos generales el compromiso debe ser de mantener los forrajes disponibles por encima de 1000 kg MS/ha y por debajo de 2500 kg MS/ha. El nivel de forraje disponible determina si el nivel de ingestión deseado, para un nivel determinado de asignación de forraje, puede ser alcanzado con exactitud (Ñaupari y Flores 2001).

La base de datos, análisis de variancia y prueba de diferencia de promedios para la disponibilidad del forraje son estipulados en los Anexos 14 y 15.

4.3. PERFIL ALIMENTARIO

En la Tabla 7 se contempla el perfil alimentario para el módulo de engorde de toretes de la UP Conocancha mostrando una oferta de forraje anual de 8491 kg MS/ha según el patrón de crecimiento de forraje que se muestra en dicha tabla, lo que permitió estimar la carga potencial del sistema al dividirse entre 3403 kg MS/ha como demanda de forraje anual producto de las asignaciones de forraje y dando como resultado 2.50 toretes/ha/año.

El área del terreno fue de 25 ha, con forraje disponible al primero de noviembre de 2260 kg MS/ha, teniendo el sistema de manejo tres periodos de engorde de cuatro meses cada uno, a su vez, los toretes tuvieron un peso vivo promedio inicial de 230 kg y una ganancia promedio diaria de 0.75 kg en los periodos I y III y de 0.50 kg en el periodo II con excepción del mes de marzo, estos toretes por tener un peso vivo final menor a los del periodo I y III serían compensados cuando ingresen al engorde intensivo de la costa.

En el periodo II se dio el más bajo incremento de peso, en razón, a que los niveles de VEF fueron los más bajos por debajo de 7 MJ EM/kg MS como reflejo de los meses de mayor disponibilidad de forraje y por ende mayor madurez, propio de las estaciones de otoño-invierno (Avalos 2006; Ñaupari 2000 y Nicol y Nicoll 1987). Con respecto a la carga animal propuesta, el perfil muestra cargas diferentes para cada periodo, 3.14 toretes/ha, 2.44 toretes/ha y 1.60 toretes/ha para los periodos I, II y III respectivamente; estos resultados confirman que la capacidad de carga es función de la tasa de crecimiento y disponibilidad de forraje (Ñaupari y Flores, 2001), ya que en el periodo I y II se dieron las mayores tasas de crecimiento y forraje disponible, coincidentes, con las estaciones de primavera-verano-otoño.

En la misma zona, haciendo un perfil alimentario para vacas lecheras se estimó una carga potencial de 2.8 vacas/ha/año, lo que significó 70 vacas en lactación pastoreadas en una asociación Rye Grass y Trébol, cuyo balance fue positivo para los meses de febrero, marzo y Abril (Ñaupari y Flores 2002).

Al respecto, en el presente perfil alimentario nótese que, en los meses de enero, febrero, marzo, mayo y octubre el balance entre la oferta y demanda de forraje resultó ser positivo con 36, 333, 246,36 y 402 kg MS/ha, respectivamente, en razón, a que fueron los meses con mayores niveles de VEF y mayores tasas de crecimiento de forraje, respecto al resto de los meses.

Las asignaciones de forraje variaron entre 7.8 kg MS/torete/día en diciembre a 11.3 kg MS/torete/día en setiembre, esto significaría un consumo esperado de 3.3 a 3.5 por ciento del peso vivo en los toretes, niveles superiores a los hallados del 2.0 por ciento en pasturas

asociadas de la zona (Flores *et al.* 2006) ; estas altas asignaciones de forraje están relacionadas a los bajos niveles de VEF respecto a los recomendados para vacunos en crecimiento en pasturas de alta calidad, 10 – 12 MJ EM/kg MS (Geenty y Rattray 1987); como también, al hecho que en el presente estudio solo se contó con el aporte energético del forraje disponible y no de la dieta seleccionada, lo cual reflejo un menor nivel de VEF.

Al respecto, Ñaupari y Flores (2002) asignó a vacas pastoreadas en la localidad de Consac 16.7 kg de MS/vaca/día (4 por ciento del peso vivo) esta asignación cubrió los requerimientos energéticos de pastoreo y lactación, si bien se tiene de conocimiento que el sexo, la edad y estado fisiológico influyen en los requerimientos energéticos, el medio ambiente tiene una influencia importante en zonas altoandinas, ya que animales de menor tamaño tienden a perder más rápido el calor.

En cuanto a la utilización promedio de forraje Ñaupari y Flores (2002) y Avalos (2006) tuvieron promedios de 25.5 y 33 por ciento respectivamente para vacas lecheras en producción, mientras que, en el presente estudio, al pastorear toretes en potreros similares, el perfil alimentario muestra una utilización promedio que vario entre los tres periodos de engorde de 29.9, 23.5 y 20.7 por ciento para los periodos I, II y III respectivamente. En los meses de secano el nivel de uso fue menor, en tanto en los meses cercanos a la época lluviosa el uso fue mayor en los potreros. Estos niveles de uso relativamente bajos permitieron que, en los tres periodos de engorde, tanto en los meses lluviosos y secos, las disponibilidades de forraje remanente no estuvieran por debajo de los niveles mínimos recomendados por Ñaupari y Flores (2001) para maximizar la tasa de crecimiento de forraje.

Tabla 7: Perfil alimentario para un hato de toretes en crecimiento y engorde, en la U.P. Conocancha

Oferta de forraje: producción promedio anual, 8491 kg MS/ha con el siguiente patrón de crecimiento:

Mes :	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct
Crecimiento, kg MS/ha/día:	26	19.4	28.5	43.7	31.1	21.9	25.1	19.9	6.9	9.5	17.7	31.2

Área del terreno: 25 ha

Forraje disponible al 1ro de Noviembre: 2260 kg MS/ha

Sistema propuesto: durante el año, tres períodos de alimentación de cuatro meses cada uno, los toretes con un peso vivo inicial promedio de 230 kg y una ganancia promedio diaria de 0.75 kg y 0.50 kg en abril, mayo y junio (otoño-invierno)

Carga animal propuesta: Período I = 3528 kg MS/ha/período entre 1125 kg MS/torete/período = 3.14 toretes/ha/período.

Período II = 2940 kg MS/ha/período entre 1206 kg MS/torete/período = 2.44 toretes/ha/período.

Período III = 1959 kg MS/ha/período entre 1230 kg MS/torete/período = 1.60 toretes/ha/período.

	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct
Periodo	I				II				III			
Ganancia PV/torete/día, kg	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.50	0.50	0.50	0.75	0.75	0.75	0.75
Requerimientos energéticos, MJ EM/torete/día (1)	67.4	71.9	75.7	80.0	67.4	61.4	63.9	66.3	67.4	71.9	75.7	80.0
VEF del forraje, MJ EM/kg MS	7.8	7.3	8.7	7.7	7.2	5.8	6.5	6.3	7.1	7.9	6.7	7.2
Asignación de forraje, kg MS/torete/día	8.6	7.8	8.7	10.4	9.4	10.5	9.8	10.5	9.5	9.1	11.3	11.1
Carga animal propuesta, toretes/ha	3.14	3.14	3.14	3.14	2.44	2.44	2.44	2.44	1.60	1.60	1.60	1.60
Demanda de forraje, kg MS/ha/día	27.0	30.8	27.3	32.6	22.9	25.6	23.9	25.6	15.2	14.5	18.0	17.8
Tasa de crecimiento de forraje, kg MS/ha/día	26.0	19.4	28.5	43.7	31.1	21.9	25.1	19.9	6.9	9.5	17.7	31.2
Cambio de disponibilidad de forraje, kg MS/ha	-30	-342	36	333	246	-111	36	-171	-249	-150	-9	402
Disponibilidad al inicio del mes, kg MS/ha	2260	2230	1888	1924	2257	2503	2392	2428	2257	2008	1858	1849
Disponibilidad + crecimiento, kg MS/ha	3040	2812	2743	3235	3190	3160	3145	3025	2464	2393	2389	2785
Disponibilidad al final del mes, kg MS/ha	2230	1888	1924	2257	2503	2392	2428	2257	2008	1858	1849	2251
Utilización estimada, %	26.6	32.9	29.8	30.2	21.5	24.3	22.8	25.4	18.5	22.4	22.6	19.2

¹ Los cálculos de la determinación del requerimiento energético se muestran en el Anexo 16

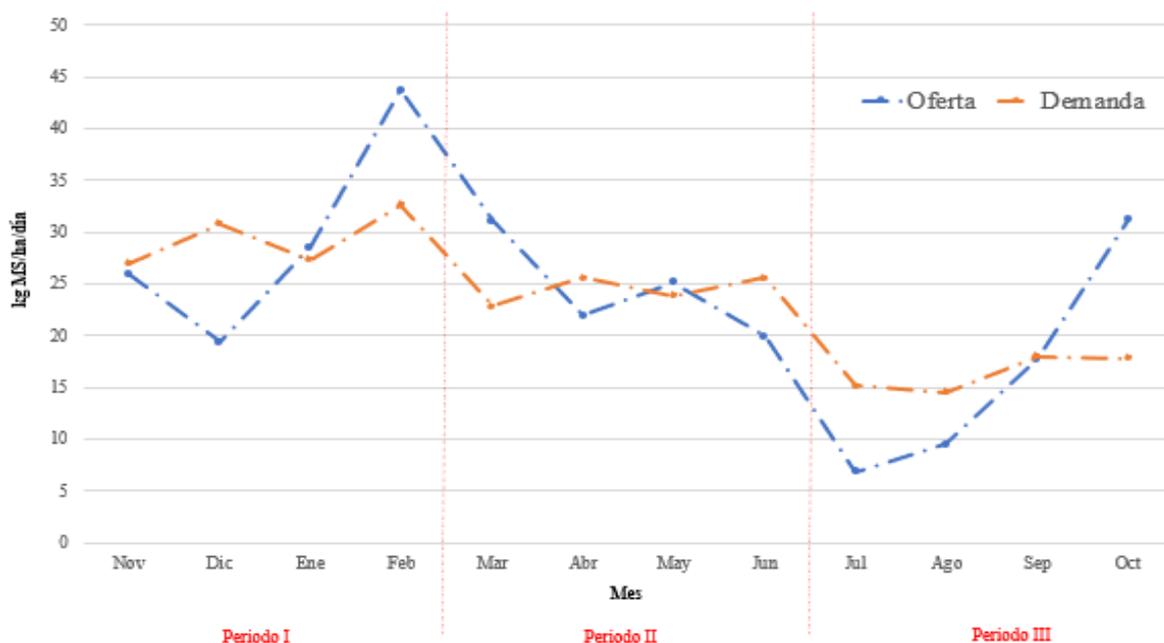


Figura 8: Balance entre la oferta y la demanda del forraje

Como se aprecia en la Figura 8 el balance anual de la oferta y demanda de forraje ilustra claramente la existencia de un periodo de excedente y otro de déficit de forraje. Los excesos se dieron durante el periodo lluvioso y los déficits durante el periodo seco. Esto nos conlleva a la posibilidad de balancear la oferta y demanda dentro de los periodos de abundancia y déficit utilizando presupuestos alimenticios a fin de realizar una mejor planificación de la alimentación. En consecuencia, los perfiles constituyen una primera aproximación para balancear la oferta y demanda de forraje, la cual puede ajustarse posteriormente a partir del monitoreo constante del forraje disponible y la performance de los animales (Ñaupari y Flores 2001).

4.4. PRESUPUESTO ALIMENTARIO

Se diseñó un presupuesto alimentario para los meses con exceso de forraje (Figura 8), correspondiente al periodo de lluvias (enero, febrero y marzo) que se muestra en la Tabla 8, no considerándose el mes de mayo por registrar un nivel mínimo de excedente de forraje (36 kg MS/ha), y en el caso del mes de octubre con un mayor excedente de forraje (402 kg MS/ha) se recomendaría un presupuesto específico para dicho mes.

El pastoreo de los 78 toretes (3.14 x 25 ha) correspondientes al periodo I más los 61 toretes (2.44 x 25 ha) correspondientes al periodo II no fueron suficientes para consumir el total de la oferta de forraje, registrándose un excedente de 1002 kg MS/ha, después de efectuado el balance.

En vista que se optó por incrementar la carga animal durante el periodo de lluvias, se determinó que podría trasladarse del pasto natural al módulo de engorde un total de 30 toretes, los que pastorearían simultáneamente con los toretes existentes, luego en Abril retornarían al pasto natural, recomendándose de condición buena más una suplementación con ensilado de buena calidad para completar su periodo de crecimiento-engorde y alcanzar el peso suficiente para su traslado al engorde intensivo de la costa.

De igual manera, Avalos (2006) después de un balance forrajero para 91 vacas en el periodo lluvioso, determino que se podría trasladar del pasto natural 35 vaquillas al módulo lechero las que pastorearían simultáneamente con las vacas de diciembre a marzo, como también, Ñaupari y Flores (2002) después de efectuar un balance forrajero para 70 vacas registraron un excedente de 2167.20 kg MS/ha, incrementando la carga durante este periodo de lluvias, así que recomendó trasladar 88 vaquillas para un pastoreo simultaneo, esto mejoró el inicio de celo de las mismas, incrementando la disponibilidad de vientres de reemplazo.

Tabla 8: Presupuesto alimentario para el periodo de lluvia, en la U.P. Conocancha

Valores requeridos para el cálculo de toretes adicionales

Periodos	Mes	Crecimiento, kg MS/ha/día	Demanda MS/día		Torete adicional kg MS/día ²
			kg MS/torete	kg MS/ha ¹	
I	Enero	28.5	8.7	27.3	7.7
I	Febrero	43.7	10.4	32.6	9.3
II	Marzo	31.1	9.4	22.9	10.5

Cálculo del número de toretes adicionales por periodo

Variable/periodo	Valor
a) Disponibilidad inicial, kg MS/ha	1888
b) Crecimiento, kg MS/ha/periodo	3071
c) Disponibilidad + crecimiento, kg MS/ha/periodo	4959
d) Forraje residual (30%), kg MS/ha/periodo	1488
e) Oferta de forraje, kg MS/ha/periodo (c - d)	3471
f) Demanda de forraje, kg MS/ha/periodo	2469
Balance de forraje, kg MS/ha/periodo (e - f)	1002
Exceso de oferta durante el periodo, kg MS/ha	1002
Demanda adicional de forraje, kg MS/torete/periodo	825
Carga adicional, toretes/ha/periodo: $1002 / 825 =$	1.21
Número de toretes adicionales: $1.21 \text{ toretes/ha} \times 25 \text{ ha}^3 =$	30

¹Carga promedio propuesta (toretos/ha): Enero y febrero = 3.14, marzo = 2.44

²Los cálculos de la demanda de forraje por día, para toretes adicionales de 230 kg P.V. inicial, se muestran en el Anexo 17.

³Área total de la pastura: 25 ha

En la Tabla 9 se muestra el presupuesto de suplementación con ensilado de avena forrajera para los meses con balance forrajero negativo (Figura 7) correspondiendo principalmente al periodo seco entre los meses de abril a diciembre con excepción de mayo y octubre; el balance final resultó en un déficit de -1179 kg MS/ha. La suplementación de los toretes durante los meses de menor oferta de forraje tiene como finalidad mantener la persistencia productiva a lo largo del año; por lo tanto, la alternativa más apropiada para la zona será la de sembrar avena forrajera de la variedad Mantaro 15 que ha demostrado buen comportamiento productivo sobre los 3800 m.s.n.m. (Bartl 2008).

Considerando el aporte energético del ensilado y el VEF promedio de la pastura en el periodo, resultó en una equivalente pastura (EP) de 0.9, con lo que se determinó que el área de avena forrajera a sembrar sería de 3.2 ha. Los cálculos de las cantidades del ensilado y área a sembrar se muestran en la Tabla 9.

De igual manera, Avalos (2006), en la misma zona de estudio, después de efectuar un balance forrajero para el periodo seco (abril-noviembre) con 91 vacas en lactación, propuso una suplementación a base de avena forrajera como ensilado y heno para cubrir un déficit forrajero de 1995.7 kg MS/ha, lo que resulto en un área a sembrar de 5.6 ha.

Tabla 9: Presupuesto alimentario para periodo seco, en la U.P. Conocancha

Periodo	Mes	Crecimiento (kg MS/ha/día)	Demanda MS/día		VEF (MJ EM/kg MS)
			kg MS/torete	kg MS/ha	
II	Abril	21.9	10.5	25.6	5.8
II	Junio	19.9	10.5	25.6	6.3
III	Julio	6.9	9.5	15.2	7.1
III	Agosto	9.5	9.1	14.5	7.9
III	Setiembre	17.7	11.3	18.0	6.7
I	Noviembre	26	8.6	27.0	7.8
I	Diciembre	19.4	9.8	30.8	7.3

Presupuesto		kg MS/ha
a)	Disponibilidad inicial del forraje (residual periodo lluvia)	1488
b)	Crecimiento de forraje por periodo (30 días por mes)	3639
c)	Disponibilidad mas crecimiento	5127
d)	Forraje residual en la pastura (30%)	1538
e)	Oferta de forraje en la pastura por periodo (c - d)	3583
f)	Demanda de forraje de los toretes por periodo	4762
g)	Balance de forraje durante el periodo (e - f)	-1179

Cálculo de requerimiento de ensilado y área de avena forrajera a sembrar	
Déficit de forraje durante el periodo	1179 kg MS/ha
Déficit total de forraje durante el periodo (25 ha x 1179)	29475 kg MS
Equivalente de pastura (EP) del ensilado ^{1,2} (7.0/7.7)	0.9
Ajuste energético (0.9 x 29475)	26528 kg MS
Ajuste por pérdidas durante el ensilado (1.2 x 26528)	31833 kg MS
Área de avena a sembrar ³ (31833 /9877)	3.2 ha

¹VEF del ensilado (azúcar): 7.7 MJ EM/kg MS (Gloria, UCSM y INCAGRO 2010)

²VEF del forraje disponible: 7.0 MJ EM/kg MS promedio período presupuesto.

³Rendimiento de avena forrajera grano lechoso: 9877 kg MS/ha (promedio estimado por Montoya 2017)

4.5. PLAN DE PASTOREO

Con el propósito de optimizar el uso del forraje y el manejo de los animales se diseñó el plan de rotación de los potreros para el periodo enero a marzo donde el balance forrajero fue positivo, se eligió los meses de enero y febrero para mostrar un ciclo completo de rotación en los 15 potreros del módulo.

En la Tabla 10 se presenta el plan de pastoreo aplicando el método residual, donde se precisa dejar un remanente del 30 por ciento con fines de asegurar una adecuada selección e ingestión por parte de los toretes y un nivel apropiado de rebrote y protección del ecosistema (Ñaupari y Flores 2001). De lo que se trata es de no sobre pasar los 2500 kg MS/ha de forraje disponible por que el forraje podría envejecer en pie e ir acumulándose, afectando su calidad energética.

Nótese en la Tabla 10 que a medida que transcurren los días el crecimiento toma mayor importancia en vista que su aporte a la oferta de forraje va incrementando. En el primer ciclo de rotación del mes de enero se inició con una disponibilidad de 3040 kg MS/ha en el potrero 1 alcanzando un periodo de pastoreo de 4 días con un periodo de descanso de 36 días. Así, el periodo de pastoreo del hato de toretes en los 15 potreros fue en promedio de 2.7 días con una variación de 2 a 4 días.

El manejo de la pastura contemplo el uso de cercos eléctricos para facilitar el movimiento de los toretes dentro y fuera de los potreros y realizar posibles ajustes del área de pastoreo. Es importante el monitoreo permanente del forraje disponible antes y después de la salida de los toretes de un potrero para verificar los días de permanencia y confirmar si verdaderamente están dejando el residual planificado para no afectar el consumo ni la tasa de crecimiento.

Tabla 10: Plan de pastoreo para el módulo de toretes de 25 ha, en la U.P Conocancha

Variable	Enero	Febrero
Requerimiento de energía, MJ EM/torete/día	75.7	80.0
Requerimiento de energía, MJ EM/torete adicional/día	67.4	71.9
Asignación de forraje, kg MS/torete/día	8.7	10.4
Asignación de forraje, kg MS/torete adicional/día	7.7	9.3
Forraje residual (%)	30	30
Crecimiento de forraje, kg MS/ha/día	28.5	43.7
Valor energético del forraje, MJ EM/kg MS	8.7	7.7
Número de toretes/potrero (3.14 x 25 ha)	78	78
Número de toretes adicionales/potrero (1.21 x 25 ha)	30	30

MÉTODO RESIDUAL

Potrero	Área (ha)	Disponible (kg MS/ha)	Crecimiento (kgMS/ha)	Disponible + crecimiento (kgMS/ha)	Residual (kgMS/ha)	Días*/potrero	Fecha salida
1	1.7	3040		3040	912	4	05-Ene
2	1.7	2160	28.5x4 = 114	2274	682	3	08-Ene
3	1.7	2120	28.5x7 = 200	2320	696	3	11-Ene
4	1.7	1920	28.5x10=285	2205	661	3	14-Ene
5	1.7	1720	28.5x13=370	2090	627	3	17-Ene
6	1.7	1240	28.5x16=456	1636	509	2	19-Ene
7	1.7	1240	28.5x18=513	1753	526	2	21-Ene
8	1.7	1200	28.5x20=570	1770	531	2	23-Ene
9	1.7	1160	28.5x22=627	1787	536	2	25-Ene
10	1.7	1120	28.5x24=684	1804	541	2	27-Ene
11	1.6	1080	28.5x26=741	1821	546	2	01-Feb
12	1.6	1000	28.5x28=798	1798	539	2	03-Feb
13	1.6	960	43.7x2=87+798	1845	553	2	05-Feb
14	1.6	960	43.7x4=175+798	1933	580	2	07-Feb
15	1.6	880	43.7x6=262+798	1940	582	2	09-Feb

Densidad: toretes/ha/potrero = 108 toretes/1.7 ha = 63.5 toretes/ha

*Potrero 1 = (3040-912) kg MS/ha x 1.7 ha/ (78 toretes x 8.7 kg MS/torete/día) + (30 toretes adicionales x 7.7 kg MS/torete/día) = 3.97 día

V. CONCLUSIONES

1. La humedad del suelo estuvo muy por debajo de la capacidad de campo, pero sus temperaturas fueron mayores a la mínima requerida para el crecimiento del forraje y donde la humedad fue la variable que estuvo mejor correlacionada con la tasa de crecimiento.
2. La tasa de crecimiento registro su más bajo nivel en el mes de julio y el más alto en febrero reflejando los patrones de temperatura y humedad en el suelo, consecuentemente la disponibilidad del forraje alcanzo su más bajo nivel en el mes de julio y el más alto en el mes de mayo por encima del nivel recomendable.
3. La carga recomendable obtenida a partir de la asignación de pasto se redujo de 3.14 toretes/ha/periodo. en la época primavera - verano a 1.60 toretes/ha/periodo en el otoño – invierno.
4. Los excesos de forraje durante el periodo lluvioso fueron utilizados para incrementar el número de toretes en engorde y los déficits suplidos con ensilaje de avena para mantener la productividad de los animales.

VI. RECOMENDACIONES

1. Ajustar el volumen del agua de riego a modo de mantener un balance hidrológico positivo y mejorar la intensidad de muestreo y el grado de sincronización entre las mediciones de temperatura y humedad del suelo con la de crecimiento.
2. Investigar la relación entre el nivel de forraje disponible, grado de utilización, asignación de pasto, ingesta de forraje y la respuesta animal a lo largo del año con la finalidad de generar información para el manejo de pastos en zonas altoandinas.
3. Implementar un sistema de monitoreo que contemple el uso de tecnologías de agricultura de precisión para mejorar la estimación de indicadores y parámetros necesarios para hacer ajustes oportunos en el perfil y planes de pastoreo.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.O.A.C. 1980. Official Methods of Analysis (9th. De.). Association of Agricultural Chemists. Washington D.C. 832 pp.
- A.R.C. 1980. The Nutrient Requeriments or Ruminant Livestock. Agricultural Research Council Working Party. CAB, London.
- AFRC. 1995. Energy and Protein Requirements of Ruminants. AFRC Technical Committee on Response to Nutrients. CAB International. Wallingford, Oxon, Reino Unido.
- Aguirre, T.L., y Flores, E.M. 1996. Generación de un Modelo de Crecimiento de pasto basado en la Temperatura y Húmeda del Suelo. Publicación Miscelánea. Laboratorio Ecología y Utilización de Pastizales. Facultad de Zootecnia. Universidad Agraria La Molina.
- ASRM. American Society of Range Management an Agriculture Board. 1962. Basic problems and techniques in Range Research. A report of a Joint Comitte of the American Society of Range Management and Agriculture Board. Publication N° 890. Washington D.C. p 45-81.
- Avalos, O.P. 2006. Dinámica de la Producción Forrajera y Perfil Alimenticio de Vacas Lecheras al Patoreo en una Asociación Gramínea - Leguminosa, en la Sierra Central. Tesis para optar el Grado de Magister Scientiae en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú.
- Bartl, K. 2008. Options for the improvement of dry season feeding for milk production at high altitudes in Peru, and the response of local Criollo and Brown Swiss cows to improved nutrition (Doctoral dissertation, ETH Zurich).
- Bojórquez, C., Rojas, J., & Ordóñez, H. 2015. Pastos cultivados en el valle del Mantaro. Fondo Editorial Universidad Nacional Mayor de San Marcos. CEPREDIM-UNMSM. Lima, Perú, 147.

- Calzada, B.J. 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación. Quinta Edición. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Dairy NZ. 2017. Wintering on Crops in the South Island (Report DNZ40-023, Version 2 – January 2.
- Depetris, G., y Santini, F. 2016. Calidad de carne asociada al sistema de producción Grupo de Nutrición, Metabolismo y Calidad de Producto. INTA. Estación Experimental Balcarce https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/63-calidad_carne.pdf
- Flores, E., Cruz, J., y Ñaupari, J. 2006. Comportamiento Nutricional, Perfil Alimentario y Economía de la Producción Lechera en Praderas Cultivadas en Secano: Caso Pasco. Proyecto Innovación y Competitividad para el Agro Peruano (INCAGRO). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). LUP-UNALM. Reporte Científico. Pp. 9. Lima, Perú.
- Flores, E.R., Cruz, J.A., & Ñaupari, J. 2005. Utilización de praderas cultivadas en secano y praderas naturales para la producción lechera. Boletín Técnico CICCA – FDA – INCAGRO. Lima – Perú.
- Florez, M.A., & Malpartida, I.E. 1987. Manejo de Praderas Nativas y Pasturas en la Region Altoandina del Perú. Banco Agrario. Tomo I y II. Lima-Perú. 651pp.
- Florez, A., Bryant, F. 1990. Manual de pastos y forrajes. Dirección General de Investigación Pecuaria. Programa de Investigación de Pastos y Forrajes. Lima, Perú.
- Florez, M.A., Malpartida, I.E., y San Martín, F. 1992. Manual de forrajes para zonas áridas y semiáridas andinas. Programa Colaborativo de apoyo a la Investigación en Rumiantes menores (SR-CRSP). Lima- Perú. 281 pp.
- Geenty, K.G., & Rattray, P.V. 1987. The energy requirements of grazing sheep and cattle. Pp. 39-53. In: Livestock feeding on pasture. New Zealand Society of Animal Production Occasional Publication. N° 10
- González, V. & Tapia, M. 2017. Manual bovino de carne. Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA / N° 04. ISSN 0717 – 4829. Santiago, Chile. Recuperado de:

<http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/handle/123456789/862>

- Hodgson, J., Taylor, J., Lonsdale, R. 1971. The relationship between intensity of grazing and the herbage consumption and growth of claves. *Journal of British Grassland Society*. 26 (4): 231–238.
- Korte, C.S., Chua, A.C.P. y Field, T.R.D. 1987. Pasture Production. in: *Livestock feeding on Pasture. Occasional Publication. N° 10.* 145 pp.
- Marsh, R. 1975. A comparison between spring autumn pasture for beef cattle at equal grazing pressures. *J. Br. Grassld. Soc.* 30:165-170.
- Milligan, K.E., Brookes, I.M., Thompson, K.F. 1987. Feed planning on pasture. In *Livestock Feeding on Pasture*. Ed. Nicol AM. New Zealand Society of Animal Production Occasional Publication No. 10. p. 75-88.
- MLA. Meat & Livestock Australia. 2006. Beef cattle nutrition: an introduction to the essentials. Meat and Livestock Australia. Published by Meat & Livestock Australia Limited ISBN 1 74036 9289.
- Montgomery, D. 2002. *Diseño y análisis de experimento.* LIMUSA. 686 pp.
- Montoya, Q.K. 2017. *Características Agronómicas y Valor Nutricional de 7 Cultivos Forrajeros Bajo Secano en la Sierra Central.* Tesis Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- Nicol, A.M. & Nicoll, G.B. 1987. Pastures for beef cattle. Pp.119-132. In: *Livestock feeding on pasture.* New Zealand Society of Animal Production Occasional Publication. N° 10.
- Núñez, D.J. 2017. *Perfil Alimentario y Plan de Pastores para la Producción Lechera con Pasturas Panicum maximum Jacq.* Tesis Magister Scientiae en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.
- Ñaupari, V.J. & Flores, E. 2001. *Análisis y Diseño de Planes de Alimentación en Pasturas.* IV Congreso Nacional de Ingenieros Zootecnistas. Huancayo (Junín). Segunda Edición.
- Ñaupari, V.J. & Flores, E. 2002. *Comportamiento Nutricional y Perfil Alimentario de*

- Vacas Lecheras en Pastos Cultivados Rye Grass/Trébol de la U.P. CONSAC. Revista Anales Científicos. UNALM (1):21-36.
- Ordóñez, H., & Bojórquez, C. 2011. Manejo del establecimiento de pasturas para zonas altas andinas del Perú. Huancayo: Ed. CONCYTEC. Perú Graph.
- Osbourn, D. F. 1980. The feeding value of grass and grass products. The feeding value of grass and grass products, 70-124.
- Oscanoa, L., & Flores, E. 2016. Influence of soil improvement techniques on water function of Andean rangelands. *Ecología Aplicada* 15(2): 91-99. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.
- Quispe, J., Chura, Z., & Quispe, D. 2012. Engorde de ganado bovino en el Altiplano peruano. Publicación del IIBO FMVZ UNA Puno, Perú.
- Rodríguez, L., Torres, V., Martínez, R. O., Jay, O., Noda, A. C., & Herrera, M. 2011. Modelos para estimar la dinámica de crecimiento de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169. *Revista cubana de ciencia agrícola*, 45(4), 349-354.
- Ruiz, F.E. 1996. Presupuesto de Actividades y Requerimientos Energéticos de Vacas Lecheras al Pastoreo en la Unidad de Producción Consac - SAIS Túpac Amaru Ltda. N°1. Tesis Magister en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Perú. En prensa.
- Taylor, J. C. (1970). Dried forages and beef production. *Grass and Forage Science*, 25(2), 180-190.
- Trillo, F., Nuñez, J., Aguirre, L., Barrantes, C., & Flores, E. (2020). Comparación de indicadores autoecológicos en dinámica de crecimiento de *Festuca dolichophylla* (Presl, 1830) y *Festuca humilior* (Nees & Meyen, 1841). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(3).
- Villarreal, G.J.A., Hernández, G.A., Martínez, H.P.A., Guerrero, R.J. de D., y Velasco, Z.M.E. 2014. Rendimiento y calidad de forraje del pastoovillo (*Dactylis glomerata* L.) al variar la frecuencia e intensidad de pastoreo. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 5:231-245.
- Waghorn, G.C., & Barry, T.N. 1987. Pasture as a Nutrients Source. In: *Livestock Feeding on Pasture*. New Zealand Society of Animal Production. Occasional publication N°10.

Zea, J., & Díaz, D. 1990. Producción de carne con pastos y forrajes. Ed. Mundi-Prensa.
ISBN: 84-7114-292-9; SF- 207/Z42.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de suelo – caracterización del área experimental “Cachapata” de la U.P. Conocancha

Análisis mecánico		
	Unidad	Valor
Arena	%	86
Limo	%	14
Arcilla	%	0
Textura		Arena

Análisis químico		
C.E.	mmhos/cm	1.88
pH		5.3
CaCO ₃	%	0
MO	%	4.07
P ₂ O ₅	ppm	6.9
K ₂ O	kg/ha	138
CIC	me/100 g	18
Ca	me/100 g	10.4
Mg	me/100 g	0.94
K	me/100 g	0.08
Na	me/100 g	0.11
Al+H	me/100 g	0.27

Anexo 2: Estimación del peso vivo promedio de los toretes a inicio de verano (diciembre) e inicio de invierno (mayo) en la U.P. Conocancha

Torete N°	Diciembre, 1996 (kg PV)¹	Torete N°	Mayo, 1997 (kg PV)¹
1	220	1	328
2	339	2	290
3	354	3	330
4	271	4	255
5	271	5	255
6	390	6	342
7	330	7	241
8	314	8	244
9	432	9	354
		10	244
Prom.	325		288
Área total:	25 ha		25 ha
Hato:	94 toretes		106 toretes
Periodo pastoreo:	2 días/faja		01 día/faja
Periodo descanso:	30 - 35 días		40 - 45 días
Carga animal²:	2.90 UA/ha		3.00 UA/ha
Densidad de pastoreo:	48.23 UA/ha		182.00 UA/ha

¹ Cinta métrica pesadora “INALMET”.

² La Unidad Animal (UA) se definió como una vaca adulta de 450 kg de peso vivo en último tercio de gestación.

Anexo 3: Requerimientos de energía metabolizable (MJ / día) de ganado para mantenimiento y crecimiento

EM de dieta (MJ/kg MS)	Peso vivo (kg)	Ganancia de Peso vivo (kg/d)						
		0	0.2	0.5	0.75	1	1.25	1.5
5	100	19	25	35	---	---	---	---
	200	31	38	53	---	---	---	---
	300	40	53	69	---	---	---	---
	400	48	63	83	---	---	---	---
	500	58	73	108	---	---	---	---
	600	64	82	109	---	---	---	---
7	100	18	23	31	43	---	---	---
	200	29	36	47	62	---	---	---
	300	38	48	61	80	---	---	---
	400	46	58	73	96	---	---	---
	500	54	67	85	111	---	---	---
	600	61	76	96	126	---	---	---
9	100	17	22	27	35	47	---	---
	200	27	34	42	52	66	---	---
	300	36	44	54	67	85	---	---
	400	44	54	65	81	103	---	---
	500	51	62	76	94	119	---	---
	600	58	71	86	107	134	---	---
11	100	16	20	25	31	38	49	66
	200	26	31	38	46	56	70	89
	300	34	41	50	60	73	89	112
	400	42	50	60	73	88	108	135
	500	48	58	70	84	102	125	156
	600	55	66	79	95	115	141	176
13	100	15	19	23	28	33	41	51
	200	25	30	35	42	50	60	72
	300	32	39	46	55	65	77	92
	400	40	47	56	66	78	93	111
	500	46	55	65	77	91	108	129
	600	52	62	74	87	103	122	145

Fuente: MLA (2006)

Anexo 4: Variación mensual de la temperatura y humedad del suelo en el campo "Cachapata", de la U.P. Conocancha

Mes	Temperatura (°C)	Humedad (%)
Noviembre	11.3 ± 0.5	26.5 ± 3.5
Diciembre	10.8 ± 1.0	33.1 ± 3.7
Enero	11.9 ± 0.3	29.5 ± 1.6
Febrero	11.2 ± 1.1	31.7 ± 5.3
Marzo	11.8 ± 0.7	29.3 ± 1.9
Abril	11.7 ± 1.1	30.8 ± 2.6
Mayo	8.1 ± 0.6	26.9 ± 4.5
Junio	9.8 ± 0.6	27.7 ± 3.5
Julio	11.2 ± 0.7	21.4 ± 2.1
Agosto	12.1 ± 1.5	25.3 ± 2.0
Septiembre	13.4 ± 1.6	25.3 ± 2.7
Octubre	12.0 ± 0.7	28.1 ± 4.1
Promedio	11.2 ± 1.0	27.9 ± 3.1

Anexo 5: Efecto de la influencia de la interacción entre la profundidad de muestreo, y la temperatura y humedad del suelo, en el campo "Cachapata" de la U.P. Conocancha

Mes	Temperatura (°C)		Humedad (%)	
	10 cm	20 cm	10 cm	20 cm
Noviembre	11.5 ± 0.6	11.2 ± 0.4	27.5 ± 4.1	25.5 ± 2.8
Diciembre	10.3 ± 0.5	11.2 ± 1.2	33.5 ± 2.7	32.6 ± 4.7
Enero	11.8 ± 0.4	12.0 ± 0.0	30.3 ± 1.2	28.7 ± 1.5
Febrero	10.7 ± 0.8	11.9 ± 1.1	33.9 ± 7.0	29.5 ± 1.6
Marzo	11.8 ± 1.0	11.8 ± 0.4	30.8 ± 1.6	27.9 ± 0.6
Abril	12.0 ± 1.0	11.4 ± 1.3	30.1 ± 2.0	31.5 ± 3.1
Mayo	8.1 ± 0.7	8.2 ± 0.5	29.2 ± 2.9	24.6 ± 4.9
Junio	9.9 ± 0.2	9.8 ± 0.6	29.9 ± 1.6	25.4 ± 3.4
Julio	11.4 ± 0.8	10.9 ± 0.7	21.9 ± 2.4	20.9 ± 1.9
Agosto	13.2 ± 1.2	11.0 ± 0.9	25.8 ± 1.0	25.8 ± 2.7
Septiembre	14.3 ± 1.7	12.5 ± 1.1	25.9 ± 1.5	24.6 ± 3.7
Octubre	12.5 ± 0.6	11.6 ± 0.5	30.0 ± 3.6	26.3 ± 3.6
Promedio	11.4 ± 0.7	11.1 ± 0.7	29.0 ± 2.6	26.9 ± 2.8

Anexo 6: Base de datos de la temperatura del suelo, del campo "Cachapata" de la U.P. Conocancha

Jaula	Temperatura del suelo por mes (°C)											
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct
Registro a 10 cm de profundidad del suelo												
3	12	10	11	10	12	13	8.5	10	12	13	16	13
5	11	10	12	10	13	13	8.5	10	13	12	15	12
7	11	10	12	12	13	13	8	10	11	12	14	14
9	11	10	12	11	12	12	7.5	10	11	13	15	12
11	12	11	12	10	11	11	7	10	11	14	11	13
13	12	11	12	12	11	12	9	10	11	15	15	13
Registro a 20 cm de profundidad del suelo												
3	11	10	12	12	12	14	8	10	11	10	14	14
5	11	11	12	12	12	11	9	10	12	10	13	13
7	11	10	12	10	12	11	8.5	10	11	11	12	12
9	11	11	12	12	12	11	7.5	10	11	11	13	13
11	11	13	12	12	12	11	8	9	11	12	11	11
13	12	12	12	14	11	11	8	10	10	12	12	12

Anexo 7: Análisis de variancia y prueba de significancia de medias para temperatura del suelo

Análisis de variancia

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	Significancia
Mes de Evaluación (M)	11	238.3208333	21.6655303	28.49	<.0001	**
Profundidad de Suelo (P)	1	2.7225000	2.7225000	3.58	0.0609	ns
Interacción (M*P)	11	27.8875000	2.5352273	3.33	0.0005	**
Error Experimental	120	91.2666667	0.7605556			
Total	143	360.1975000				

r²	CV (%)	Desviación Estándar Ponderada (°C)	Promedio (°C)
0.746620	7.703482	0.872098	11.32083

Mes de Evaluación

Valor DLS 0.7049

Mes	Promedio	Letras
Set	13.3917	A
Oct	12.5167	B
Ago	12.0833	B,C
Ene	11.9167	B,C,D
Mar	11.8333	B,C,D,E
Abr	11.7083	C,D,E
Nov	11.3333	D,E,F
Feb	11.1917	E,F
Jul	11.1667	E,F
Dic	10.7500	F
Jun	9.8333	G
May	8.1250	H

Profundidad de Suelo (cm)

Valor DLS 0.2878

Profundidad	Promedio	Letras
10 cm	11.4583	A
20 cm	11.1833	A

Anexo 8: Base de datos de la humedad del suelo, del campo "Cachapata" de la U.P. Conocancho

Jaula	Humedad del suelo por mes (%)											
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct
Registro a 10 cm de profundidad del suelo												
3	29	32	29	29	30	27	36	28	18	25	24	30
5	29	31	30	30	31	30	33	30	24	26	27	23
7	31	34	32	34	30	32	31	28	25	23	27	31
9	30	34	31	48	34	31	29	30	22	25	25	30
11	20	32	32	32	30	32	30	33	23	25	24	31
13	25	38	29	31	30	30	26	31	20	25	27	34
Registro a 20 cm de profundidad del suelo												
3	26	30	29	28	29	28	25	24	18	30	26	35
5	27	31	29	28	27	28	31	28	23	28	18	19
7	26	42	31	31	28	33	29	30	22	23	27	30
9	29	32	30	31	28	36	18	23	19	26	25	26
11	23	31	28	31	28	34	20	21	22	25	24	39
13	22	30	26	29	28	31	25	27	20	24	27	39

Anexo 9: Análisis de variancia y prueba de significancia de medias para humedad del suelo

Análisis de variancia

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	Significancia
Mes de Evaluación (M)	11	1425.994722	129.635884	11.01	<.0001	**
Profundidad de Suelo (P)	1	107.813611	107.813611	9.16	0.0030	**
Interacción (M*P)	11	195.694722	17.790429	1.51	0.1362	ns
Error Experimental	120	1413.130000	11.776083			
Total	143	3142.633056				

r²	CV (%)	Desviación Estándar Ponderada (%)	Promedio (%)
0.550336	12.15513	3.431630	28.23194

Mes de Evaluación

Valor DLS 2.7738

Mes	Promedio	Letras
Dic	33.067	A
Feb	31.675	A,B
Abr	30.808	A,B
Oct	30.633	A,B
Ene	29.517	B,C
Mar	29.333	B,C
May	27.717	C,D
Jun	27.650	C,D
Nov	26.492	D
Set	25.275	D
Ago	25.242	D
Jul	21.375	E

Profundidad de Suelo (cm)

Valor DLS 1.1324

Profundidad	Promedio	Letras
10 cm	29.0972	A
20 cm	27.3667	B

Anexo 10: Variación mensual de la tasa de crecimiento y disponibilidad de forraje en el campo "Cachapata", de la U.P. Conocancho

Mes	Tasa de crecimiento (kg MS/ha/día)	Disponibilidad (kg MS/ha)
Noviembre	26.0 ± 4.7	2260.0 ± 513.6
Diciembre	18.7 ± 7.0	2176.0 ± 709.4
Enero	28.5 ± 14.2	1453.3 ± 613.1
Febrero	43.7 ± 4.4	2394.7 ± 512.7
Marzo	31.1 ± 6.3	2676.0 ± 402.0
Abril	21.9 ± 4.6	3005.3 ± 810.9
Mayo	26.1 ± 7.8	3048.0 ± 1048.1
Junio	19.9 ± 9.1	2833.3 ± 1206.3
Julio	6.9 ± 2.9	1301.3 ± 580.0
Agosto	9.6 ± 4.8	1410.7 ± 484.6
Septiembre	16.4 ± 5.4	1429.3 ± 332.4
Octubre	32.9 ± 17.7	1335.4 ± 310.9

Anexo 11: Base de datos de la tasa de crecimiento del forraje del campo "Cachapata" de la U.P. Conocancha

Jaula	Crecimiento por mes (kg MS/ha/día)											
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct
1	24	19	19	42	38	23	28	14	14	18	12	31
2	31	22	21	48	38	18	25	23	9	13	15	22
3	31	14	13	38	25	25	36	18	5	8.8	9.6	43
4	28	14	20	45	23	25	26	8.5	9	11	31	34
5	30	19	52	44	33	30	20	35	8	12	9.6	43
6	26	19	29	39	25	23	17	18	9.5	13	19	35
7	30	19	25	45	37	22	40	18	3	1.2	22	35
8	24	16	24	42	32	17	20	14	6.5	5.6	19	30
9	28	18	57	46	38	24	39	18	4	10	19	36
10	28	40	48	42	33	28	15	18	5	16	39	25
11	32	14	35	46	37	20	30	18	4.5	12	12	31
12	20		20	43	26	18	18	23	4.5	8.8	12	20
13	18	22	20	46	34	25	30	7.5		4.4	19	32
14	23	15		54	26	20	20	31	6	3.2	14	
15	17	21	15	36	20	12	28	41	9.5	5.6	12	20

Anexo 12: Análisis de variancia y prueba de significancia de medias para la tasa de crecimiento

Análisis de variancia

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	Significancia
Mes de Evaluación (M)	11	16065.65144	1460.51377	28.06	<.0001	**
Error Experimental	163	8483.39405	52.04536			
Total	174	24549.04549				

r²	CV (%)	Desviación Estándar Ponderada (kg MS/ha/día)	Promedio (kg MS/ha/día)
0.654431	30.75351	7.214247	23.45829

Mes de Evaluación

Valor DLS 5.27768

Mes	Promedio	Letras
Feb	43.74	A
Oct	31.25	B
Mar	31.09	B
Ene	28.46	B,C
Nov	26.03	B,C,D
May	25.14	C,D,E
Abr	21.92	D,E,F
Jun	19.90	E,F
Dic	19.37	F
Set	17.71	F
Ago	9.55	G
Jul	6.93	G

Anexo 13: Regresión lineal y polinomial para Temperatura y Humedad

Regresión Lineal

Regresión: Lineal Múltiple

Modelo: L1 $TC = -9.4714 - 0.4451Te + 1.3979Hd$

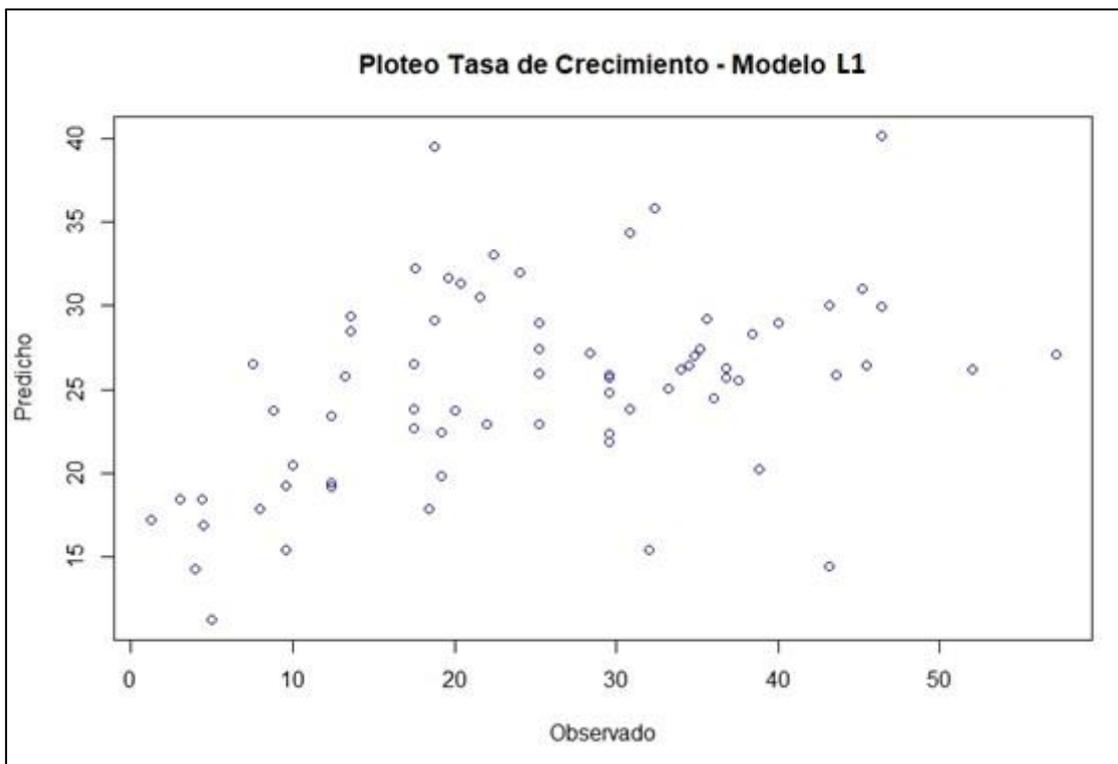
Variable Independiente: Temperatura (°C) y Humedad del Suelo (%)

Variable Dependiente : Tasa de crecimiento (kg MS/ha/día)

Tamaño de muestra: 71

r^2 : 0.1869 r^2 Ajustado: 0.163

Variable	Estimador de Parámetro	Error Estándar	Valor t	Probabilidad
Intercepto	-9.4714	15.8122	-0.599	0.551167
Temperatura	-0.4451	0.9827	-0.453	0.652014
Humedad	1.3979	0.3607	3.875	0.000242



Regresión: Lineal Simple

Modelo: L2 $TC = 33.8267 - 0.7692Te$

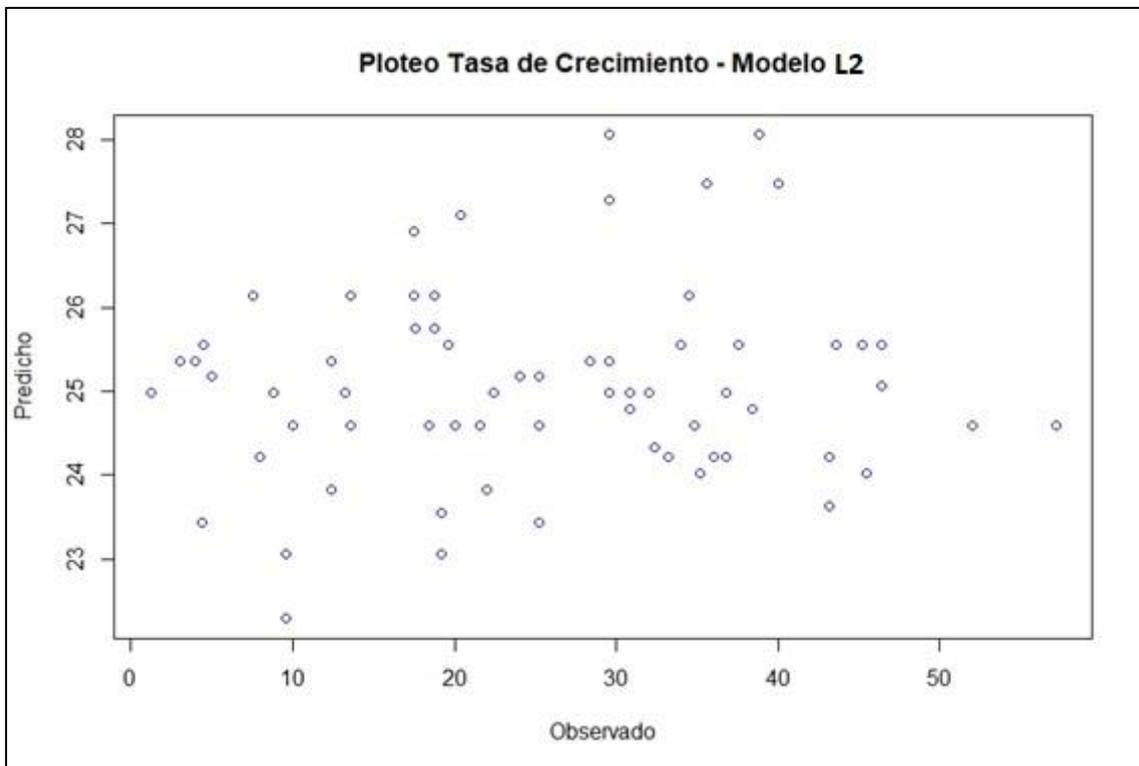
Variable Independiente: Temperatura del Suelo (°C)

Variable Dependiente : Tasa de crecimiento (kg MS/ha/día)

Tamaño de muestra: 71

r^2 : 0.007379 r^2 Ajustado: -0.007006

Variable	Estimador de Parámetro	Error Estándar	Valor t	Probabilidad
Intercepto	33.8267	12.2722	2.756	0.00747
Temperatura	-0.7692	1.0740	-0.716	0.47627



Regresión: Lineal Simple

Modelo: L3 $TC = -14.91 + 1.4118Hd$

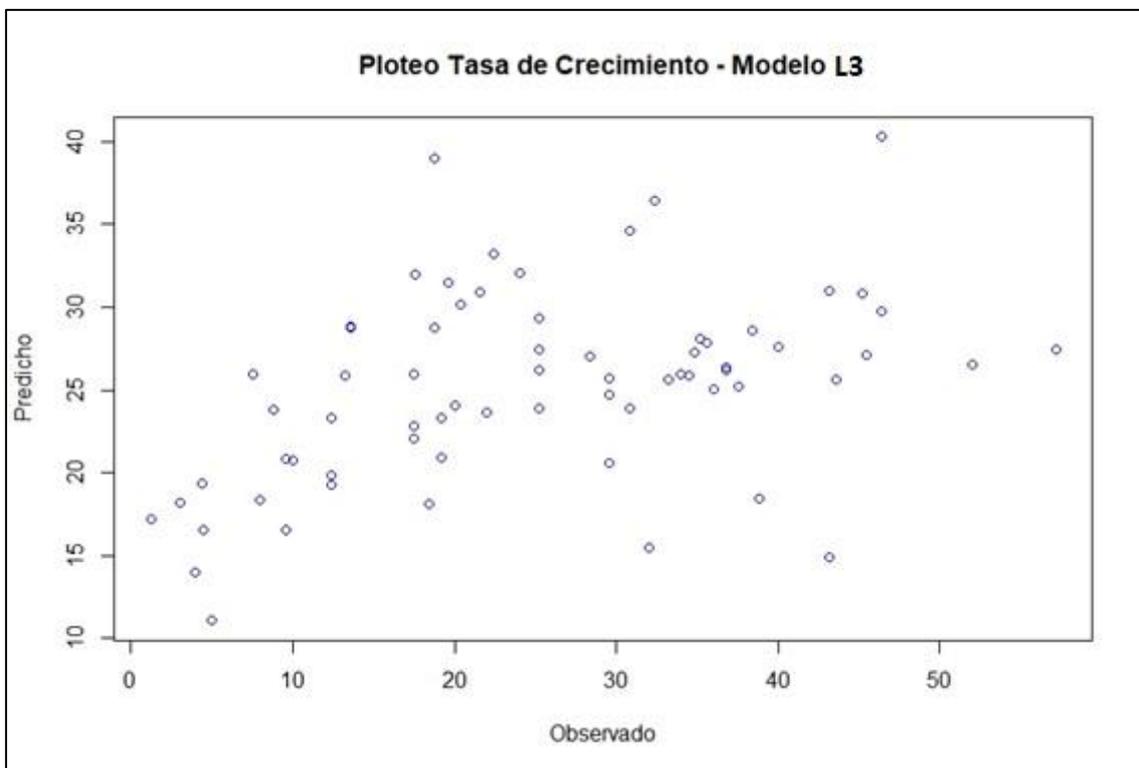
Variable Independiente: Humedad del Suelo (%)

Variable Dependiente : Tasa de crecimiento (kg MS/ha/día)

Tamaño de muestra: 71

r^2 : 0.1845 r^2 Ajustado: 0.1727

Variable	Estimador de Parámetro	Error Estándar	Valor t	Probabilidad
Intercepto	-14.9100	10.2299	-1.457	0.149519
Humedad	1.4118	0.3573	3.951	0.000186



Regresión: Polinomial

Modelo: P1 $TC = 800.0252 - 217.5212Te + 19.9316Te^2 - 0.5995Te^3$

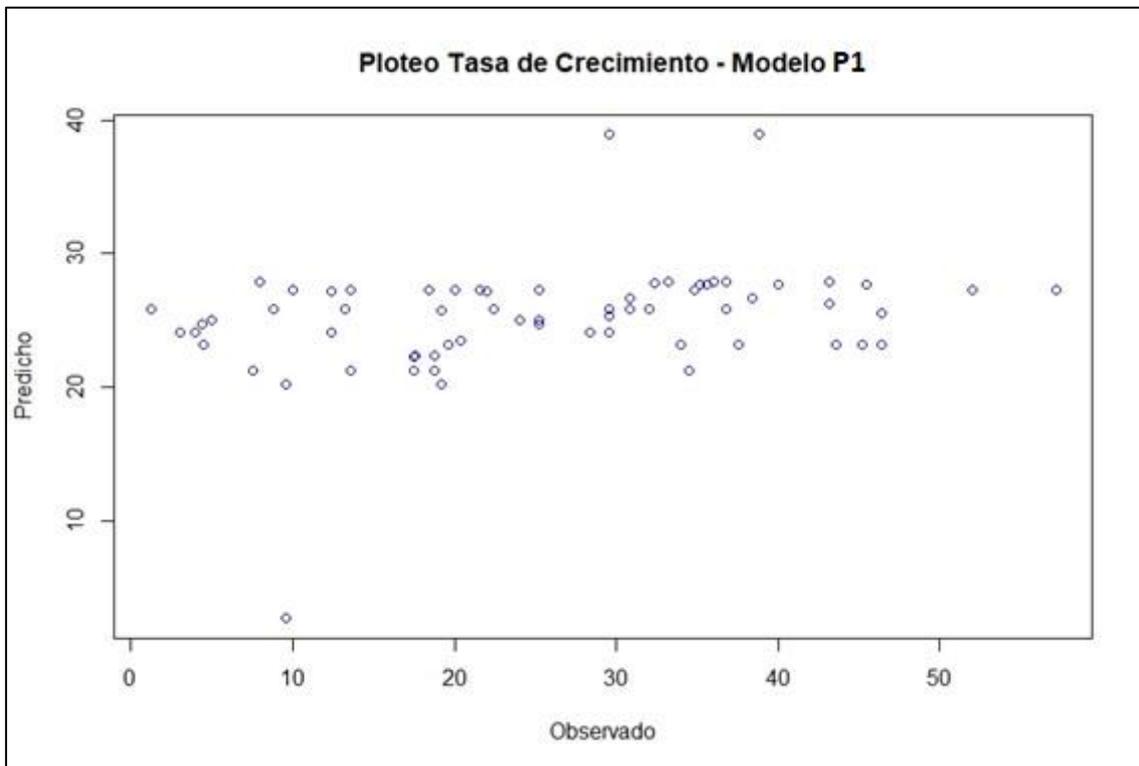
Variable Independiente: Temperatura del Suelo (°C)

Variable Dependiente : Tasa de crecimiento (kg MS/ha/día)

Tamaño de muestra: 71

r^2 : 0.101 r^2 Ajustado: 0.06077

Variable	Estimador de Parámetro	Error Estándar	Valor t	Probabilidad
Intercepto	800.0252	296.4088	2.699	0.00879
Temperatura	-217.2512	82.7688	-2.625	0.01073
Temperatura ²	19.9316	7.5682	2.634	0.01048
Temperatura ³	-0.5995	0.2270	-2.641	0.01027



Regresión: Polinomial

Modelo: P2 $TC = -6.719 + 0.003663Hd^3 - 0.00007816Hd^4$

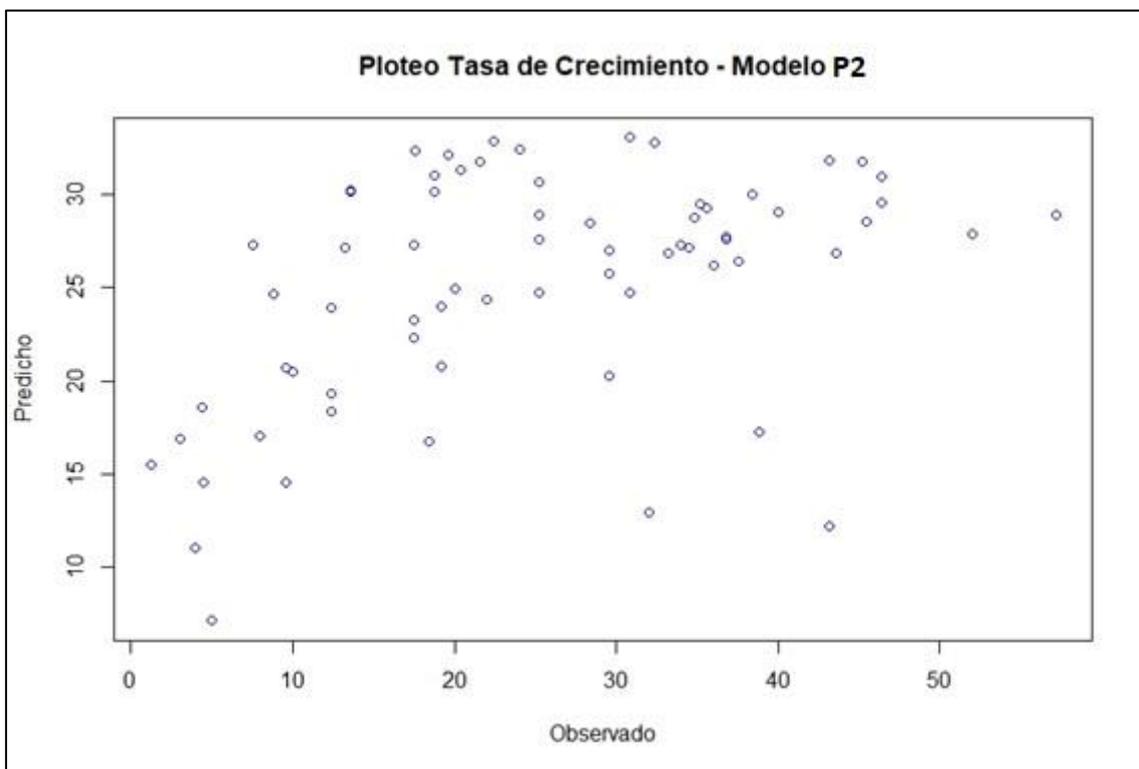
Variable Independiente: Humedad del Suelo (%)

Variable Dependiente : Tasa de crecimiento (kg MS/ha/día)

Tamaño de muestra: 71

r^2 : 0.2099 r^2 Ajustado: 0.1866

Variable	Estimador de Parámetro	Error Estándar	Valor t	Probabilidad
Intercepto	-6.719	9.488	-0.708	0.4813
Humedad ³	0.003663	0.001412	2.594	0.0116
Humedad ⁴	-0.00007816	0.00003475	-2.249	0.0277



Anexo 14: Base de datos de disponibilidad de forraje, del campo "Cachapata" de la U.P. Conocancha

Jaula	Disponibilidad por mes (kg MS/ha)											
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct
1	2560	2600	880	2720	3040	3680	5040	3100	1400	1160	560	1320
2	1560	2280	1160	2760	2360	2440	4600	2300	960	2320	880	1320
3	2340	1920	960	1560	2080	3600	1680	3100	640	1880	1200	
4	1560	1800	1000	2800	2720	2200	2440	5100	1320	1680	1680	1000
5	2000	1920	1120	1600	2480	3680	3680	1100	1440	2360	1480	
6	1920	2240	3040	2520	2320	2240	2440	2300	1960	1720	1360	1200
7	2320	3320	1720	3120	2600	3200	1160	5100	680	1280	1360	1920
8	2480	2720	1080	1520	2360	2880	3240	1500	600	920	1600	1400
9	2300	2680	2120	3120	3520	4880	2440	3900	440	880	1720	1520
10	2080	3040	1240	2360	3320	3400	4000	1100	1400	1160	1520	1680
11	2520	2480	2160	2280	2620	2640	3680	2700	1560	1160	1400	1760
12		2080	1200	2480	2520	1560	2640	2300	1640	1080	1680	1120
13	3480	400	960	2440	3040	2400	2360	3100	1000	1400	1600	1200
14		1520	1920	2120	2800	3000	3000	2700	2360	1320	1720	920
15		1640	1240	2520	2360	3280	3320	3100	2120	840	1680	1000

Anexo 15: Análisis de variancia y prueba de significancia de medias para la disponibilidad de forraje

Análisis de variancia

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	Significancia
Mes de Evaluación (M)	11	73093553.34	6644868.49	14.55	<.0001	**
Error Experimental	157	71707208.8	456733.8			
Total	168	144800762.1				

r²	CV (%)	Desviación Estándar Ponderada (kg MS/ha)	Promedio (kg MS/ha)
0.504787	31.28115	675.8208	2160.473

Mes de Evaluación

Valor DLS 505.03

Mes	Promedio	Letras
May	3048.00	A
Abr	3005.33	A
Jun	2833.33	A,B
Mar	2676.00	A,B,C
Feb	2394.67	B,C
Dic	2302.86	C
Nov	2260.00	C,D
Ene	1692.00	D,E
Set	1429.33	E
Ago	1410.67	E
Oct	1335.38	E
Jul	1301.33	E

Anexo 16: Requerimientos de energía metabolizable de los toretes para mantenimiento y crecimiento durante los tres periodos de alimentación por año

Periodo	Mes¹	Peso Vivo (kg)	Ganancia de peso (kg/día)	Requerimiento² (MJ EM/día)
I	Noviembre	230	0.75	67.4
	Diciembre	253	0.75	71.9
	Enero	276	0.75	75.7
	Febrero	299	0.75	80.0
II	Marzo	230	0.75	67.4
	Abril	253	0.50	61.4
	Mayo	276	0.50	63.9
	Junio	299	0.50	66.3
III	Julio	230	0.75	67.4
	Agosto	253	0.75	71.9
	Septiembre	276	0.75	75.7
	Octubre	299	0.75	80.0

¹Se consideró 30 días por mes

²Calculado por extrapolación a partir de MLA (2006).

Anexo 17: Requerimiento diario de forraje para toretes adicionales en el presupuesto del periodo de lluvia, en la UP Conocancha

Periodo (Mes)¹	Peso Vivo (kg)	Incremento de PV (kg)	Requerimiento de energía (MJ EM/día)	VEF² (MJ EM/kg MS)	Requerimiento de forraje³ (kg MS/día)
Enero	230	0.75	67.4	8.7	7.7
Febrero	253	0.75	71.9	7.7	9.3
Marzo	276	0.75	75.7	7.2	10.5

¹Se consideró 30 días por mes

²Valor energético del forraje seleccionado

³Requerimiento de forraje (asignación de forraje) = (MJ EM/día) / (MJ EM/kg MS)