

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRIA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**



**PERFIL ALIMENTARIO Y PLAN DE PASTOREO PARA
LA PRODUCCIÓN LECHERA CON PASTURAS *Panicum
maximum* Jacq.**

**Presentada por:
JIMNY YOEL NUÑEZ DELGADO**

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

Lima – Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

**“PERFIL ALIMENTARIO Y PLAN DE PASTOREO PARA LA
PRODUCCIÓN LECHERA CON PASTURAS *Panicum maximum*
Jacq.”**

Presentada por:

JIMNY YOEL NUÑEZ DELGADO

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

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

PhD. Julio Alegre Orihuela

Presidente

PhD. Javier Ñaupari Vásquez

Patrocinador

PhD. Enrique Flores Mariazza

Miembro

Dr. Mariano Echevarría Rojas

Miembro

Lima – Perú

2017

DEDICATORIA

A Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hizo realidad este sueño anhelado.

A la memoria de mi abuelo URBANO y mis tíos WILSON y ERNESTO, quienes me brindaron una vida llena de aprendizajes respetando y valorando la naturaleza y que gracias a su sabiduría influyeron en mi madurez para lograr todos los objetivos en la vida.

A mi abuela JUANITA por el amor, lealtad, afecto y consideración en toda mi vida.

A mis padres NOEMI y JUAN por ser los pilares más importantes y demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mis hermanos ERWIN y FLOR, porque los amo infinitamente.

.

AGRADECIMIENTOS

Al Ph.D. Javier Ñaupari V., por su esfuerzo y entrega quien, con sus sapiencias, su experiencia y orientación ha logrado en mí poder terminar mis estudios con éxito.

Al Ph. D. Enrique Flores M., por su amistad, aporte y enseñanzas brindadas en todos estos años.

Al Ph.D. Mariano Echevarría R., por su afecto, confianza y preceptos brindados en todo este tiempo.

Al Ph.D. Julio Alegre O., por su contribución y cordialidad como persona y profesional.

A todo el equipo L.U.P., L.E.P. y L.E.N.A. de la U.N.A.L.M., por brindarme todas las facilidades mientras estuve allí.

A la Familia Delgado Pérez por el cariño y colaboración permanente en mi vida personal y profesional, además por las facilidades y apoyo logístico para la realización del estudio.

A mis amigos por confiar y creer en mí y haber hecho de esta etapa un trayecto de vivencias que nunca olvidaré. A todos ellos que nunca terminare de mencionarlos. Gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1 La especie forrajera: <i>Panicum maximum</i> Jacq.	2
2.2 Productividad, calidad del suelo y adaptación	3
2.3 Establecimiento del forraje.....	4
2.4 Crecimiento y disponibilidad del forraje	4
2.5 Factores ambientales que afectan el crecimiento y disponibilidad del forraje	6
2.5.1 Temperatura ambiental	7
2.5.2 Temperatura y humedad del suelo	7
2.5.3 Precipitación	8
2.5.4 Radiación.....	8
2.6 Valor nutritivo y consumo de forraje	9
2.6.1 Consumo Voluntario.....	11
2.7 Requerimiento de energía de las vacas lecheras	12
2.8 Perfil alimentario	14
2.9 Plan de pastoreo.....	15
2.9.1 Grado óptimo de utilización del pastizal	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1 Ubicación y características del área experimental.....	18
3.2 Demanda de forraje	22
3.2.1 Animales experimentales	22
3.2.2 Composición botánica y análisis químico de la dieta.....	22
3.3 Oferta de forraje	23

3.3.1 Tasa de crecimiento y disponibilidad	23
3.2.2 Temperatura y humedad del suelo	24
3.3.3 Precipitación	24
3.4 Ingesta de forraje	25
3.5 Requerimiento de energía.....	26
3.6 Requerimiento energético y balance de energía.....	29
3.7 Diseño de perfiles alimentarios	29
3.8 Plan de pastoreo.....	31
3.9 Análisis estadístico	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1 Tasa de crecimiento y disponibilidad de forraje.....	34
4.1.1 Tasa de crecimiento del forraje.....	34
4.1.2 Disponibilidad de forraje	36
4.1.3 Temperatura y Humedad del suelo	37
Temperatura del suelo	37
Humedad del suelo	38
4.2 Estatus nutricional de las vacas al pastoreo.....	39
4.2.1 Demanda de forraje.....	39
4.2.1.1 Comportamiento animal al pastoreo	39
Pastoreo	39
Rumia	41
Caminata.....	42
Parada	43
Sentada	43
Otras actividades.....	44
4.2.2 Oferta de forraje.....	44

4.2.2.1 Ingesta de forraje	44
4.3 Composición botánica de la dieta	46
4.4 Composición Química de la dieta.....	48
4.4.1 Proteína cruda	49
4.4.2 Fibra detergente neutra (FDN).....	50
4.4.3 Digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO).	51
4.4.4 Energía Metabolizable	52
4.4.5 Calcio	53
4.4.6 Fósforo	54
4.5 Requerimiento de energía.....	56
4.5.1 Requerimiento energético para mantenimiento	56
4.5.1.1 Metabolismo basal.....	56
4.5.1.2 Actividades.....	57
4.5.2 Requerimiento energético para producción	58
4.5.3 Requerimiento energético total	59
4.6 Balance energético.....	59
4.7 Perfil alimentario	61
4.8 Plan de pastoreo.....	64
V. CONCLUSIONES	68
VI. RECOMENDACIONES.....	69
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	70
VIII. ANEXOS.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento de forraje <i>Panicum maximum</i> Jacq., por época del año	5
Figura 2. Rendimiento del <i>Panicum maximum</i> cv. En periodos lluvioso y seco	5
Figura 3. Evolución de la proteína bruta y la digestibilidad de la materia orgánica en <i>Panicum maximum</i> cv. Tanzania a diferentes edades.	10
Figura 4. Relación y evolución de la PB Y DIVMO en dos épocas en <i>Panicum maximum</i> cv. Tanzania a diferentes edades (Adaptado de Verdecia <i>et al.</i> , 2008)..	12
Figura 5. Ubicación geográfica de la zona experimental	18
Figura 6. Distribución de los potreros y diseño del experimento	19
Figura 7. Variación de la tasa de crecimiento (kg MS/ha/día) según la época.....	34
Figura 8. Variación de la disponibilidad de forraje (kg MS/ha) según la época	36
Figura 9. Variación de temperatura del suelo según la época	37
Figura 10. Variación de la humedad del suelo según época.....	38
Figura 11. Proporción (%) de hojas y tallos en la dieta de los animales según época. ..	47
Figura 12. Proporción (%) de verde y senescente en la dieta de los animales según época	48
Figura 13. Variación (%) de los niveles de proteína en la dieta	49
Figura 14. Variación (%) de los niveles de Fibra Detergente Neutra en la dieta	50
Figura 15. Variación (%) de Digestibilidad in vitro de la Materia Orgánica en la dieta	51
Figura 16. Variación (MJ/kg MS) de los niveles de Energía Metabolizable en la dieta	52
Figura 17. Variación (%) de los niveles de Calcio en la dieta.....	53
Figura 18. Variación (%) de los niveles de Fósforo en la dieta.....	54
Figura 19. Balance energético para la Unidad Agropecuaria (MJ EM/día).	61
Figura 20. Balance entre oferta y demanda de forraje.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del suelo experimental.	21
Tabla 2. Ecuaciones para el cálculo del requerimiento energético de vacas al pastoreo (Geenty y Ratray, 1987).	27
Tabla 3. Variables climáticas de la zona de estudio	35
Tabla 4. Presupuesto de actividades en vaca al pastoreo.	40
Tabla 5. Ingesta de forraje en vacunos al pastoreo.	45
Tabla 6. Composición botánica de la dieta.	47
Tabla 7. Composición química de la dieta	49
Tabla 8. Requerimiento total de energía para vacas al pastoreo (MJ EM/día).	56
Tabla 9. Balance energético para vacas al pastoreo.	60
Tabla 10. Perfil alimentario para la Unidad Agropecuaria (Situación actual).	62
Tabla 11. Parámetros productivos y de consumo de la Unidad Agropecuaria.	64
Tabla 12. Plan de pastoreo para la época seca de la Unidad Agropecuaria San Antonio (Método Residual).	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Base de datos de temperatura y humedad del suelo.....	85
Anexo 2. Análisis de varianza para la temperatura del suelo	86
Anexo 3. Análisis de varianza para la humedad del suelo.	87
Anexo 4. Base de datos de crecimiento y disponibilidad de forraje.	88
Anexo 5. Análisis de varianza para el crecimiento de pasto.	89
Anexo 6. Análisis de varianza para la disponibilidad de forraje.	90
Anexo 7. Base de datos de ingesta de forraje.	91
Anexo 8. Análisis de varianza para consumo de forraje.	92
Anexo 9. Base de datos de selectividad de dietas.	93
Anexo 10. Análisis de varianza de selectividad de hojas.	94
Anexo 11. Análisis de varianza de selectividad de tallos.	95
Anexo 12. Análisis de varianza de selectividad de estructura verde.	96
Anexo 13. Análisis de varianza de selectividad de estructura seca.	97
Anexo 14. Base de datos del contenido nutricional de la dieta de vacas lecheras.	98
Anexo 15. Análisis de varianza del contenido de proteína cruda en la dieta.	99
Anexo 16. Análisis de varianza del contenido de fibra detergente neutra en la dieta. .	100
Anexo 17. Análisis de varianza de la digestibilidad in vitro de la materia seca en la dieta.	101
Anexo 18. Análisis de varianza de la digestibilidad in vitro de la materia orgánica en la dieta.	102
Anexo 19. Análisis de varianza del contenido de fósforo en la dieta.	103
Anexo 20. Análisis de varianza del contenido de calcio en la dieta.	104
Anexo 21. Base de datos del requerimiento energético de vacas lecheras al pastoreo.	105
Anexo 22. Análisis de varianza del requerimiento energético del metabolismo basal.	106

Anexo 23. Análisis de varianza del requerimiento energético para la actividad pastoreo.	107
Anexo 24. Análisis de varianza del requerimiento energético para la actividad rumia.	108
Anexo 25. Análisis de varianza del requerimiento energético de la actividad parada.	109
Anexo 26. Análisis de varianza del requerimiento energético de la actividad caminata.	110
Anexo 27. Análisis de varianza del requerimiento energético para la producción de leche.	111
Anexo 28. Requerimientos diarios de mantenimiento, gestación y producción (NRC, 1978).....	112

RESUMEN

Se condujo un experimento con el objetivo de diseñar perfiles alimentarios de vacas doble propósito al pastoreo en pasturas de *Panicum maximum* Jacq., asociado con árboles nativos de *Acacia macracantha* en la Unidad Agropecuaria San Antonio, provincia de Jaén, región Cajamarca. La toma de datos y colección de muestras se realizaron en las épocas seca, inicio de lluvias y lluviosa. Se instalaron 14 excluidores en 54 has y se evaluaron 5 vacas adultas en producción (2 a 4 meses de lactación) Brown Swiss x criollo. Las tasas de crecimiento y disponibilidad se obtuvieron mediante el método de corte y separación, ingesta de forraje por el método de comportamiento animal, calidad de la dieta se obtuvo por simulación manual, requerimiento de energía mediante el presupuesto de actividades, perfil alimentario mediante el balance entre la demanda y oferta de forraje y el plan de pastoreo mediante el forraje utilizable y la demanda de forraje. El análisis estadístico fue diseño Completamente al Azar para crecimiento y disponibilidad de forraje, Bloques al Azar para composición química y selectividad de dietas, consumo de forraje y requerimiento energético y Diseño Jerárquico para comportamiento animal. La tasa de crecimiento de forraje osciló entre 8.16, 18.42 y 46.28 kg MS/ha/día; la disponibilidad de forraje osciló entre 2696.9, 4023.3 y 7764.3 kg MS/ha y la ingesta varió entre 11.6, 14.9 y 14.6 kg MS/vaca/día para las épocas seca, inicio de lluvia y lluviosa respectivamente. La concentración de energía metabolizable en el forraje fue 3.94, 7.00 y 5.23 EM MJ/kg MS y la demanda total de energía de las vacas fue 102.0, 92.9 y 90.1 MJ EM/día para las épocas seca, inicio de lluvia y lluviosa respectivamente. El perfil alimentario reveló un excedente en la época lluviosa y un déficit en las épocas seca e inicio de lluvia. El plan de pastoreo realizado para la época seca revela que existen potreros que eventualmente deben ser descansados. Se concluye que la Unidad Agropecuaria, está sub utilizando la pastura especialmente en la época lluviosa debido a la buena disponibilidad forrajera y baja carga animal. En la época seca, los animales no cubren sus necesidades nutricionales debido a la poca disponibilidad y baja calidad forrajera.

Palabras claves: Simulación manual, crecimiento y disponibilidad de forraje, pastura, comportamiento animal, presupuesto de actividades.

ABSTRACT

An experiment was conducted with the aim of designing food profiles of dual purpose cows grazing on pastures of *Panicum maximum* Jacq., associated with native trees of *Acacia macracantha* in Agricultural Unit “San Antonio”, province of Jaén, region of Cajamarca. Data collection and sample collection were performed during the dry, beginning of rain and rainy season. Fourteen exclosures were installed on 54 hectares and five Brown Swiss x Creole adult cows on production were evaluated. Forage growth rates and availability were obtained by the method of cutting and separation, feed intake by the method of animal behavior, diet quality by manual simulation, energy requirement by the budget of activities, food profile by balancing between forage demand and supply and grazing plan by the usable forage and forage demand. Statistical analysis was a completely randomized design for forage growth and availability, randomized blocks for chemical composition and selectivity of diets, forage intake and energy requirement and hierarchical design for animal behavior. Forage growth rate ranged from 8.16, 18.42 and 46.28 kg DM/ha/day; forage availability ranged from 2696.9, 4023.3 and 7764.3 kg MS/ha and intake ranged from 11.6, 14.9 and 14.6 kg DM/cow/day for dry, rain and beginning of rain season respectively. Food metabolizable energy concentration was 3.94, 7.00 and 5.23 MJ ME/kg DM and total energy demand by cows was 102.0, 92.9 and 90.1 MJ ME/day for dry, rain and beginning of rain season respectively. Food profile revealed a surplus in the rainy season and a deficit in the dry and beginning of rain season. Grazing plan for the dry season reveals that pastures should be rested. We conclude that the Agricultural Unit is sub using the pasture especially during the rainy season due to the good forage availability and low stocking rate. During the dry season, animals do not meet their nutritional needs due to the limited forage availability and forage low quality forage.

Key Words: Hand simulation, growth and available forage, pastures, animal behavior, activities budget.

I. INTRODUCCIÓN

En las zonas tropicales de nuestro país, el pastoreo es la forma más económica para cubrir las necesidades nutricionales de los animales a lo largo del año para producir carne y leche, por lo que una buena alimentación de ganado en pasturas debe combinar la mayor producción con la máxima calidad nutricional del forraje. Sin embargo, la producción de forraje en el trópico es afectada principalmente por la distribución de la precipitación anual y la cantidad de forraje residual después de cada pastoreo, factores con un marcado efecto en el crecimiento estacional del forraje.

En adición, la calidad nutricional del forraje, es afectado por el manejo agronómico de la pastura y momento óptimo de cosecha por los animales que asegure niveles adecuados de digestibilidad y proteína del forraje para cubrir los requerimientos de mantenimiento, reproducción y producción del ganado. Pocos estudios sobre el manejo del pastoreo y calidad nutricional de *Panicum maximum* Jacq. en praderas tropicales en ceja de selva del Perú que permitan mejorar la eficiencia en la producción y utilización de las praderas y generar indicadores de manejo de fácil adopción por los productores están disponibles en la literatura.

El objetivo general del estudio fue diseñar perfiles alimentarios de vacas doble propósito al pastoreo para determinar la oferta y demanda de forraje y la capacidad de carga del sistema que permita mejorar la producción de leche. Para ello se plantearon los siguientes objetivos específicos; (1) determinar las tasas de crecimiento y disponibilidad de forraje de pasturas de *Panicum maximum* Jacq. (2) estimar el estatus nutricional de vacas al pastoreo a partir de sus requerimientos y calidad de la dieta, (3) diseñar perfiles alimentarios del sistema lechero para establecer aquella capacidad de carga que satisface las necesidades de forraje de los animales e (4) implementar un plan de pastoreo para mejorar la eficiencia en el uso del forraje y la producción animal.

II. MARCO TEÓRICO

En países tropicales, las estrategias para el desarrollo de la producción animal del futuro, deberán basarse en la integración de estos sistemas con otros compatibles como el agrícola y forestal buscando minimizar la compra de insumos químicos, reducir la contaminación y la destrucción de los recursos naturales (Giraldo, 1996). Las características principales de los sistemas de producción tropicales es que deben ser económicamente rentables, biológicamente eficientes y ecológicamente sustentables (Wadsworth, 1997).

En la selva peruana los sistemas de producción en general se caracterizan por el empleo de ganado cruzado con diferente grado de cruzamiento entre el criollo, *Bos indicus* y *Bos taurus*. La alimentación se basa principalmente en el uso de forraje al pastoreo en sistemas extensivos (pastos naturales) y semi intensivos (pastos cultivados).

2.1 La especie forrajera: *Panicum maximum* Jacq.

La especie *Panicum maximum* Jacq. de origen Africano, se introdujo a América en 1967, para luego ser liberado en 1993 por el Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPQ), en Brasil. Es una especie extremadamente productiva en ambientes tropicales (Ramírez *et al.*, 2009). Las especies del género *Panicum*, es una de las que posee un mayor potencial de rendimiento forrajero, debido a que presenta un sistema fotosintético de gran efectividad. Por otro lado, los *Panicum* toleran el pisoteo y la sequía, es alto productor de forraje de buena calidad, palatabilidad y digestibilidad; además, presenta alta capacidad de rebrote con períodos de descanso de 35 días (Lobo y Díaz, 2001). La nomenclatura del *Panicum maximum*, ha venido modificándose con el paso de los años, conociéndose actualmente como *Megathyrsus maximus* Jacq. (Simon y Jacobs, 2003).

2.2 Productividad, calidad del suelo y adaptación

En climas tropicales, el crecimiento y productividad de las pasturas es influida por las condiciones climáticas existentes. En Brasil la especie *Panicum* puede llegar a producir entre 10 y 30 TM de MS/ha por año; con un porcentaje de proteína de entre 10 – 14 por ciento y con una digestibilidad de 60 - 70 por ciento (CIAT, 2000). El alto valor nutritivo de esta especie resulta en alta productividad animal. Las ganancias de peso en toretes de acabado en una pradera bien manejada oscilaron entre 700 g/animal/día durante época de lluvias y 170 g/animal/día en verano (CIAT, 2000).

La variedad Mombaza por ejemplo, produce un forraje alto, excelente, tanto para pastoreo, como para su conservación por henificación y ensilado. En cambio, la variedad Tanzania, tolera bien la sequía, destaca por su buena adaptación a un amplio rango de localidades, tiene una alta producción de forraje menos estacional que de otras variedades, y presenta una facilidad de establecimiento y resistencia a las condiciones extremas de sequía (CIAT 2002 y Schmidt, 2005).

Los *Panicum* necesitan suelos de media a alta fertilidad, bien drenados con pH de 5 a 8 y no tolera suelos inundables. Se puede cultivar entre 0 – 1500 msnm y con una precipitación entre 1000 mm y 3500 mm por año, crece muy bien en temperaturas altas (CIAT, 2002). Tiene menor tolerancia a la sequía que las *Brachiarias*; tolera media sombra, pero crece bien bajo árboles, por ello es muy utilizado en sistemas silvopastoriles.

Con suficiente humedad en el suelo y aplicación de nitrógeno, sus rendimientos anuales pueden ser superiores a 20 toneladas de MS/ha, siendo aún mayores con altas dosis de nitrógeno, esta especie ha producido más de 45 toneladas de MS/ha el primer año de instalación en Puerto Rico. En condiciones de secano y sin fertilización, pueden producir hasta 12 toneladas de MS/ha/año, pero con la aplicación de fertilizante y bajo irrigación, su rendimiento puede alcanzar hasta 26 toneladas de MS/ha/año (Crespo, 1999; Padilla y Flebes, 2003).

2.3 Establecimiento del forraje

Se puede establecer a través de semilla con una dosis de siembra de 6 – 8 kg/ha. El establecimiento es superficial, ligeramente tapada; también se puede establecer a partir de la semilla vegetativa, considerando siempre que el suelo tenga un alto porcentaje de humedad. Es una especie que crece rápido y compite bien con malezas. También puede asociarse con leguminosas como *Arachis*, *Centrosema* y *Pueraria*. El primer pastoreo se recomienda realizar a los 90 – 120 días después de la siembra o bien antes de iniciar la floración.

Los *Panicum* producen semilla durante todo el año, con mayor producción en la época seca. La producción de semilla se dificulta por diferentes grados de desarrollo de las espigas, dando como resultado cosechas de semilla inmadura, con un porcentaje de germinación bajo. La germinación de semilla recién cosechada es de 5 por ciento, aumentando con el tiempo de almacenamiento, con una mejor germinación a los 160 y 190 días después de la cosecha (CIAT, 2000).

2.4 Crecimiento y disponibilidad del forraje

La tasa de crecimiento del pasto es el incremento en tamaño y peso de nuevo tejido de hojas y tallos por unidad de tiempo, usualmente por día (Hodgson, 1979; citado por Korte, 1987). La tasa de crecimiento se incrementa rápidamente después del pastoreo, y luego es más lento a medida que la masa vegetal, el área foliar y la intercepción de luz aumentan. La masa vegetal se refiere a las partes de las plantas que están por encima del suelo, incluyendo la pastura viva y muerta, expresada como Kg MS/ha en cualquier época (Hodgson, 1979; citado por Korte, 1987). El crecimiento se reduce cuando el área foliar es insuficiente para interceptar con eficiencia la luz incidente. El crecimiento y el forraje residual después del pastoreo contribuyen a la acumulación de forraje disponible al inicio del período de pastoreo.

Ramírez *et al.* (2009) evaluaron la acumulación de forraje, el crecimiento y las características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte, encontrando diferentes niveles de acumulación y crecimiento de forraje a medida que la edad del pasto avanzaba, repercutiendo así directamente sobre las características estructurales. Evaluaciones realizadas en praderas de *Panicum maximum*

Jacq. en dos épocas (lluviosa y seca), determinaron que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre ambas épocas incluyendo los intervalos de corte (Ramírez *et al.*, 2009), (Figura 1).

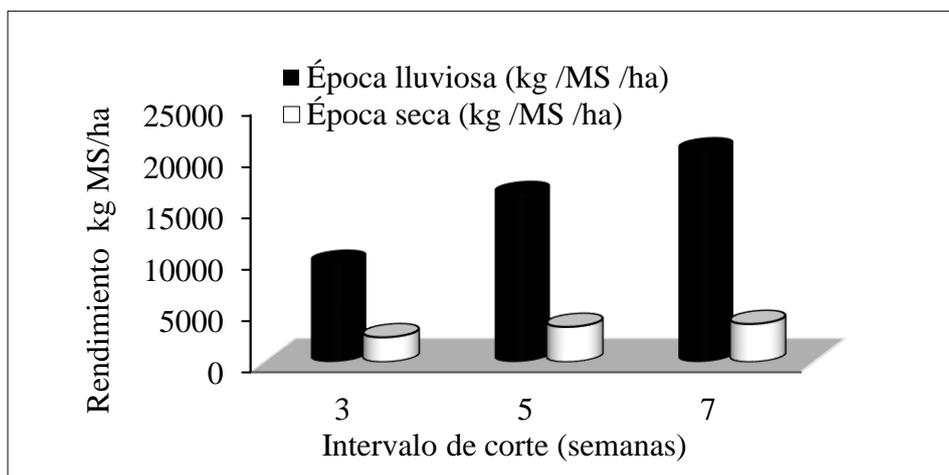


Figura 1. Rendimiento de forraje *Panicum maximum* Jacq., por época del año

Los rendimientos de *Panicum maximum* Jacq., están muy influenciados con el régimen de lluvias a lo largo del año, mostrando así niveles muy inferiores en épocas secas, comportamiento también encontrado por Verdecia (2008). Los rendimientos en materia seca aumentan con la edad de rebrote, obteniéndose así mejores resultados a los 105 días en ambas épocas del año (Verdecia, 2008), (Figura 2).

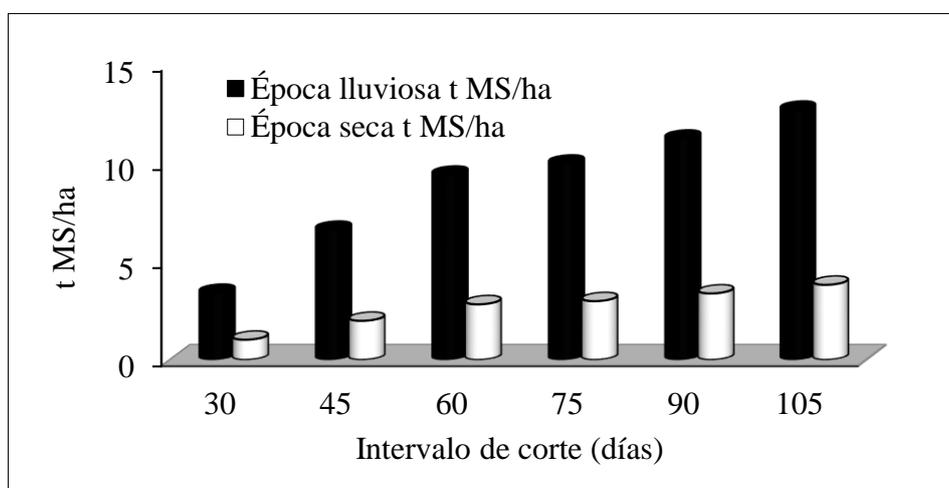


Figura 2. Rendimiento del *Panicum maximum* cv. En periodos lluvioso y seco

La disponibilidad del forraje se expresa en kg o TM MS/ha, también puede expresarse en (kg MS/animal), y se refiere a la cantidad de biomasa ofrecida a los animales en pastoreo en un momento dado, correspondiente al material vegetal que existe sobre el nivel del suelo. Al conocer la disponibilidad del forraje se pueden tomar mejores decisiones con respecto al manejo de la pradera y los animales, ya que se puede cuantificar y evaluar las variables que influyen directamente sobre el pastoreo (Canseco *et al.*, 2007).

Para Hodgson (1994), la disponibilidad de forraje es uno de los factores más importantes de la pastura que afecta el consumo de los animales al pastoreo; considerando que es un componente que puede ser modificado mediante el manejo de pastoreo al determinar carga animal y productividad, y se debe de tomar en cuenta para evaluar estrategias de manejo de la pradera.

La disponibilidad de forraje puede medirse a través de métodos directos e indirectos. En los métodos directos la evaluación por corte y separación requiere la toma de muestras antes del pastoreo para su posterior análisis en laboratorio, procedimiento más exacto y objetivo, pero tiene la desventaja de requerir de mayor tiempo tanto en el potrero como en laboratorio. Los métodos indirectos no son destructivos, requieren de menor tiempo y se basan en la relación de atributos vegetativos (altura, densidad) y no vegetativos con el forraje disponible (Canseco *et al.*, 2007).

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 debido a que el potencial de selección de una dieta de calidad depende en gran medida del forraje disponible (Ñaupari y Flores, 1996).

2.5 Factores ambientales que afectan el crecimiento y disponibilidad del forraje

Los factores ambientales como temperatura, radiación solar, humedad relativa, vientos, régimen de lluvias, ejercen una gran influencia sobre el sistema ganadero. Las épocas de intenso verano, y también las de intenso invierno, típicas de la zona tropical, resultan demasiado críticas para que este ecosistema pueda mantener un equilibrio en el transcurso del tiempo (Rúa, 2008).

2.5.1 Temperatura ambiental

Es el factor que ejerce mayor influencia en la calidad del forraje. Al aumentar la misma, la digestibilidad de la planta disminuye como resultado de la combinación de dos efectos: Alta temperatura ambiente resulta en aumento de la lignificación de la pared celular, y promueve un incremento de la actividad metabólica con elevación de la tasa de crecimiento, lo cual disminuye el reservorio de metabolitos en el contenido celular. Esta actividad reduce el contenido de nitratos, de proteína, y de carbohidratos solubles del reservorio metabólico, mientras aumentan los componentes de la pared. A mayor temperatura aumenta la actividad enzimática asociada a la biosíntesis de lignina (Van Soest, 1994).

2.5.2 Temperatura y humedad del suelo

Las condiciones de temperatura pueden afectar el desarrollo vegetativo del cultivo, inducción floral, crecimiento y diferenciación de la inflorescencia, floración, germinación del polen, formación y maduración de las semillas (Loch, 2004). Los efectos de la temperatura en la inducción floral son bastante complejos y variables para las distintas clases de respuesta al fotoperiodo y en el interior de estas (Chailakhyan, 1968). Es decir, en algunos casos, la respuesta al fotoperiodo es también modificada por la temperatura.

Un buen balance entre la temperatura y humedad del suelo, así como el manejo de los animales al pastoreo, determinan en gran medida la tasa de crecimiento del pasto. La temperatura regula la tasa de procesos metabólicos, muchos de los cuales son incrementados aproximadamente dos veces por cada 10 °C de incremento de temperatura. La temperatura directamente afecta la habilidad de las plantas para convertir los azúcares durante el crecimiento e indirectamente afecta el crecimiento por cambios en la tasa de microorganismos en el suelo que hacen disponible el nitrógeno para ser asimilado por las plantas a través de la mineralización (Korte, 1987). La producción de pasto es superior cuando la temperatura del suelo es alta durante el otoño, invierno e inicio de la primavera (Radcliffe y Baars 1986, citados por Korte, 1987).

2.5.3 Precipitación

Las especies tropicales están adaptadas a los climas con estación lluviosa y seca bien definidas (Funes *et al.*, 1998). La duración óptima del período lluvioso debe ser aproximadamente de seis meses, pues si este periodo se prolonga, se produce un excesivo crecimiento vegetativo y se afecta la floración. Sin embargo, la estación seca facilita las operaciones de cosecha, trilla y secado (Funes *et al.*, 1998 y Loch, 2004).

Los problemas graves se presentan cuando los niveles de precipitación están por debajo de 250 mm, factor que afecta especialmente la disponibilidad de forraje. Los *Panicum* en general, aun siendo una especie resistente a la sequía, necesitan una tasa de precipitación anual promedio superior a 800 mm (EMBRAPA, 2000) y 1000 mm/año (CIAT, 2002); es por ello que se prefiere que la distribución de las precipitaciones sean lo más equitativas mensualmente para tener una excelente producción (EMBRAPA, 2000).

2.5.4 Radiación

Las gramíneas tropicales poseen mayor capacidad de crecimiento que las de clima templado, esto obedece al mayor grado de respuesta de la planta a elevados niveles de radiación (Hesketh, 1963) a la falta de fotorrespiración durante la fotosíntesis y a la circulación más eficiente del ácido dicarboxílico en la fotosíntesis.

Los *Panicum* se caracterizan por ser plantas con una ruta fotosintética C4 y por poseer láminas foliares más anchas que el promedio de las gramíneas tropicales, lo que la hace resistente para crecer bajo la copa de los árboles, siendo muy utilizadas en sistemas silvopastoriles (Chamorro *et al.*, 2002).

Las plantas C4 tienden a presentar tasas de crecimiento y producción de materia seca mayores a las C3 (son fotosintéticamente más eficientes que las C3) así como una mayor adaptación a ambientes cálidos y áridos, pero su valor nutritivo es menor que las C3 (Carámbula, 1996).

2.6 Valor nutritivo y consumo de forraje

El valor nutritivo de un forraje es función del consumo de nutrientes y de la eficiencia de conversión de los nutrientes ingeridos en producto animal. A su vez, el consumo de nutrientes es el producto de la cantidad de forraje consumido y la concentración de nutrientes en ese forraje y la eficiencia de conversión de nutrientes en producto animal, el cual comprende las eficiencias en los procesos digestivos y metabólicos (Hodgson, 1990). Las pasturas y otros tipos de forrajes, muestran gran variación en su valor nutritivo en sus distintas etapas de crecimiento y en las diferentes fracciones de la planta. Estas diferencias se deben, además, a las variaciones en las condiciones ambientales (suelo, clima, fertilizaciones) al material genético y al manejo. En adición, la composición de la materia seca de todas las pasturas es muy variable y el contenido de humedad es alto y variable 60 y 85 por ciento (Trujillo y Uriarte, 2011).

El contenido de proteína cruda de las gramíneas puede variar entre 3 por ciento en una gramínea tropical y muy madura hasta más de 30 por ciento en una pastura muy tierna y fertilizada. En términos generales, el contenido de pared celular está inversamente relacionado con el contenido de proteína, el contenido de celulosa suele ser de 20 a 30 por ciento de la materia seca, en tanto que las hemicelulosas pueden variar entre 10 y 30 por ciento. Los carbohidratos solubles de las gramíneas incluyen fructanos y azúcares (glucosa, fructosa, sacarosa, rafinosa y estaquiosa), su contenido es muy variable y puede oscilar entre 2.5 y 30 por ciento de la materia seca (Church, 1984). Verdecia (2008) demuestra que la proteína bruta en *Panicum maximum* cv. Tanzania es baja a medida que pasa el tiempo o avanza en edad.

La digestibilidad es uno de los factores que influencia el consumo de los alimentos por los rumiantes y esta varía con el estado de madurez, la especie de pasto y el manejo. Una pastura en estado vegetativo tierno y con hojas pequeñas, normalmente tiene una alta digestibilidad. Solo cuando se permite que la planta llegue a la madurez, es que la digestibilidad disminuye, debido al incremento de carbohidratos estructurales y lignina de la pared celular. 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). En los *Panicum*, la digestibilidad de la materia seca y la materia orgánica disminuyen

a medida que la edad de la planta avanza; mostrando su mejor comportamiento a los 30 días de edad con 63.5 y 68.74 por ciento y el más bajo a los 105 días de edad con 49.83 y 51.86 por ciento respectivamente (Verdecia *et al.*, 2008), (Figura 3).

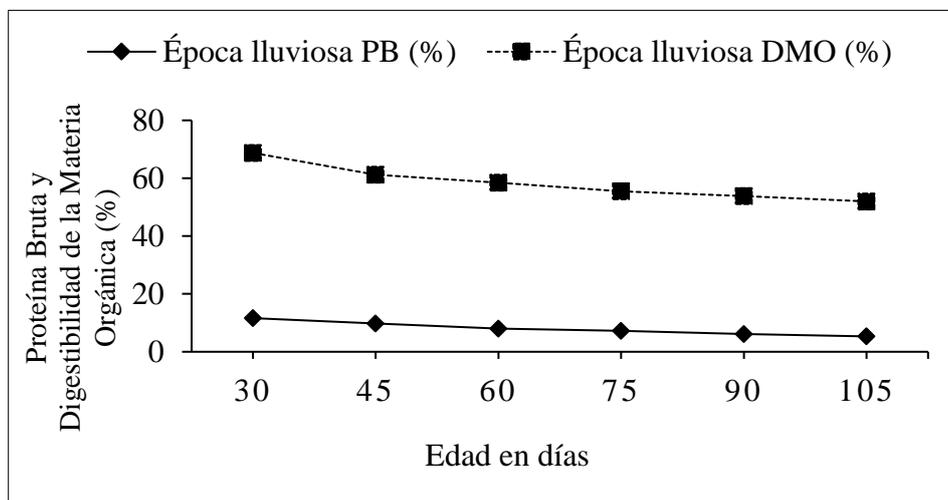


Figura 3. Evolución de la proteína bruta y la digestibilidad de la materia orgánica en *Panicum maximum* cv. Tanzania a diferentes edades.

Las pasturas con brotes tiernos, succulentos y con una gran cantidad de hojas tienen una alta concentración de energía metabolizable (EM) en su materia seca. Al madurar el forraje, la calidad de la pastura baja y el contenido de fibra aumentan reduciéndose el consumo voluntario de forraje. El material senescente es consumido por los animales cuando la disponibilidad de pasto es baja o cuando la proporción de este material en la vegetación es alta, reduciendo la oportunidad de selección e incrementando la ingestión de material muerto. Por cada unidad porcentual de incremento de ingestión de material senescente, la digestibilidad baja 0.5 por ciento unidades (Sheath *et al.*, 1992).

El contenido de minerales en los forrajes es muy variable ya que depende del tipo de planta, del tipo y propiedades del suelo, de la cantidad y distribución de la precipitación y de las prácticas de manejo del sistema suelo-planta-animal. Con algunas excepciones, los minerales para el crecimiento y producción de los animales son los mismos que los requeridos por las plantas forrajeras. Sin embargo, las concentraciones normales de algunos elementos en las plantas pueden resultar insuficientes para satisfacer los requerimientos de

los animales mientras que, en otros casos, ciertos minerales se encuentran en niveles que resultan tóxicos para los animales, pero sin causar ningún daño a las plantas (Pirela, 2005).

2.6.1 Consumo Voluntario

Es la cantidad de alimento que será consumido por el animal en un tiempo determinado (Chamberlain y Wilkinson, 2002). La ingesta de los forrajes es uno de los aspectos más importantes en la alimentación de los rumiantes debido a que está íntimamente ligado al nivel de producción. La predicción del consumo es el componente más difícil de determinar en los animales porque es afectado por muchos factores diferentes y en consecuencia resulta difícil de predecirlo con facilidad.

La tasa de bocados y el tiempo diurno de pastoreo, determinan la cantidad de forraje consumido por parte de animales en pastoreo (Sollenberger y Burns, 2001). Los principales componentes del comportamiento ingestivo en vacunos son los tiempos de pastoreo, rumia, bebida, ocio, tasa y masa del bocado, siendo la masa del bocado el primer componente en ser afectado cuando los vacunos sufren alteraciones en la oferta de alimento.

Los vacunos en pastoreo realizan un número de bocados por día, que les permite adquirir cantidad de nutrientes suficiente para su sobrevivencia (Provenza, 1992). Cruz (2004) determinó que la ingesta de forraje en épocas lluviosas fue mayor 2.5 por ciento, respecto a la época seca 2.2 por ciento; esta variación se debe principalmente al mayor contenido de pared celular en la época seca. El ganado vacuno corta el forraje a menos de dos centímetros del suelo (dependiendo de la estructura del pasto), ya que dependen de su lengua móvil para rodear el forraje y llevarlo a la boca (Hafez, 1973).

Existe una relación estrecha entre el estado fenológico de la planta, que depende de la estación y composición química, con la ingestión de forraje (Oscanoa y Flores, 1992). Estos autores encontraron que los consumos de nitrógeno y energía digestible en praderas nativas siguen el mismo patrón de fluctuaciones mensuales de la ingestión de materia seca, declinando invariablemente a través de la estación de dormancia cuando el contenido de fibra y proteína de forraje declinaron significativamente.

Verdecia (2008) por otro lado, demuestra que tanto la proteína bruta como la digestibilidad de la materia orgánica de *Panicum maximum* cv. Tanzania en época lluviosa y seca muestra una caída paulatina a medida que avanzan en edad (Figura 4).

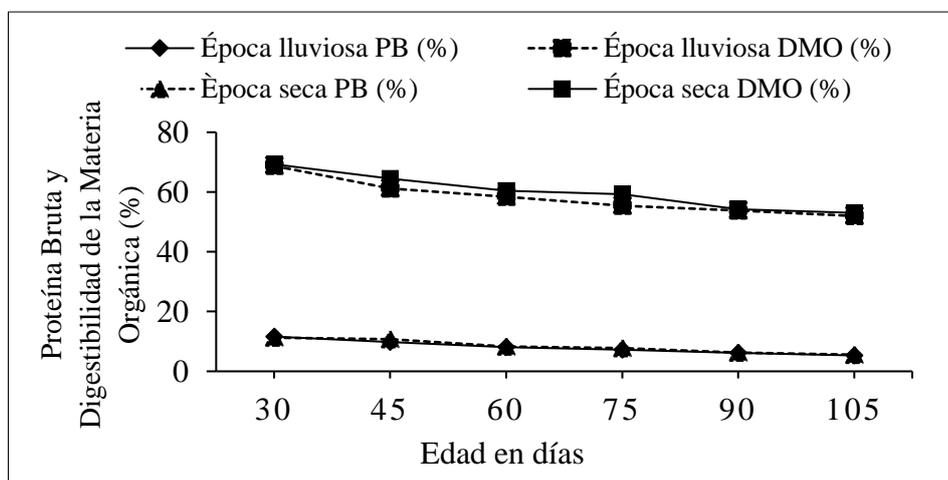


Figura 4. Relación y evolución de la PB Y DIVMO en dos épocas en *Panicum maximum* cv. Tanzania a diferentes edades (Adaptado de Verdecia *et al.*, 2008).

2.7 Requerimiento de energía de las vacas lecheras

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. Bojórquez (1994) y Jagusch (1973) señalan que, en situaciones de pastoreo, es necesario agregar un 30 por ciento de requerimientos energéticos, para compensar los gastos que conlleva la actividad de pastorear.

A medida que el trabajo físico aumenta, el flujo sanguíneo en la glándula mamaria baja (Abreu, 2000); y por otro lado la actividad intramuscular asociada por el pastoreo directo incrementa los requerimientos de energía para mantenimiento en un 20 – 25 por ciento porque se reduce la energía destinada a la producción de leche (Stobbs, 1976).

Las vacas lactantes tienen un nivel de requerimiento de proteína superior al de los animales en crecimiento ya que están asociados a la proteína de la leche. Altos rendimientos de leche por hectárea al pastoreo se pueden alcanzar solo cuando crece gran cantidad de pastos de alta calidad, donde la curva de crecimiento estacional del pasto se relaciona lo más cercano posible con la curva de requerimientos nutricionales para la producción (Stobbs, 1976). Entre los factores que influyen los requerimientos energéticos están el peso vivo, estado fisiológico, nivel de actividad y clima.

Peso vivo: Animales más grandes tienen mayores requerimientos de energía que los pequeños. Esta diferencia radica en el área superficial más que en el peso vivo, por lo que se usa el término “tamaño metabólico” ($W^{0.75}$); Villa (1995) menciona que la condición corporal del ganado es un indicador preciso del estado energético.

Estado fisiológico: Durante la preñez y la lactación los animales tienden a retener agua en la ganancia de peso vivo causando un menor contenido de energía. Cuando hay una alta demanda de nutrientes para síntesis de leche, en vacas en lactación temprana, la grasa forma una alta producción y pérdida de peso vivo con un contenido de energía de 90kJ/g perdido.

Nivel de actividad: El costo de energía de la actividad muscular de rumiantes, ha sido determinado por calorimetría (Geenty y Rattray, 1987).

Pastoreando: 2.3 KJ (9.614 Kcal) /h/kg PV
Rumiando: 1.0 KJ (4.180 Kcal) /h/kg PV
Parado: 0.5 KJ (2.090 Kcal) /h/kg PV
Caminando Horizontal: 2.5 KJ (10.450 Kcal) /h/kg PV/km
Caminando Vertical: 27.0 KJ (112.860 Kcal) /h/kg PV/km

El tiempo utilizado en estas actividades afectan la energía metabolizable para mantenimiento (EMm) y es influenciado por el terreno, tamaño del potrero y disponibilidad de alimento y agua, ya que mientras más irregular y empinado es el terreno, las distancias a recorrer en busca de alimento y/o agua serán considerables, y los animales aumentarán su requerimiento de energía.

Factores climáticos: Temperaturas por encima o debajo de la termoneutralidad, viento y precipitación incrementan potencialmente la pérdida de calor. La zona de termoneutralidad se define como la relación entre la temperatura crítica mínima y el punto de aumento hipertérmico, representando el rango de temperatura ambiental en el cual el animal no requiere aumentar su gasto de energía para mantener su temperatura (Cañas, 1995). Shearer y Bray (1995), mencionan que el rango de temperatura ambiental varía entre los 6 y 21 °C denominado zona de confort o comodidad térmica para condiciones tropicales.

El clima tropical con altas temperaturas, altas intensidades de luz y altas humedades relativas generan en el animal el problema de cómo disipar el calor producto del proceso de digestión; siendo el enfriamiento evaporativo una de sus principales formas de disipar calor. De acuerdo al tipo racial apelan al enfriamiento evaporativo, vía superficie corporal o al enfriamiento evaporativo pulmonar por jadeo (Avendaño *et al.*, 1986; citado por Abreu, 2000).

2.8 Perfil alimentario

En el Perú, el procedimiento tradicional para estimar la capacidad de carga se basa muchas veces solo en cálculos a partir de los cambios en la disponibilidad de forraje mes a mes, sin tomar en cuenta las tasas de crecimiento de pasto, por lo que este procedimiento es impreciso (Ñaupari y Flores, 1996). En adición los cálculos consideran solo el consumo de materia seca, sin tener en cuenta la densidad energética del pasto, lo que hace que los niveles de asignación sean muy variables.

Los perfiles alimentarios se usan para estimar la carga potencial y establecer un balance estacional entre la demanda del hato y el patrón esperado de oferta de la pastura. La capacidad de carga es función de la tasa de crecimiento y disponibilidad de forraje. La capacidad de carga se refiere al número de animales que se puede pastorear por unidad de área año tras año sin inducir retrogresión (Flores, 1991).

El perfil alimentario representa la situación promedio donde la producción anual total y el patrón de crecimiento del forraje son comparados con la demanda de alimento del sistema de producción ganadera. 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 (Milligan *et al.*, 1987; Ñaupari y Flores, 1996). La demanda anual del sistema se refiere a la asignación de forraje en Kg MS/UA/día, o al requerimiento de energía, MJ EM/UA/día, siendo este último el más recomendado (Milligan *et al.*, 1987; Ñaupari y Flores, 1996).

La regulación de los eventos que influyen la demanda anual de alimento puede ser organizada para comparar el patrón de oferta de pastura. En algunos meses la tasa de crecimiento excede la demanda y en otros meses es menor. El perfil alimentario muestra cuando el forraje puede ser conservado o transferido para incrementar el paso disponible o bien define las necesidades de suplementación.

Cuando la disponibilidad de forraje es alta, esto sugiere ajustes en el manejo, mientras los niveles bajos revelan que pueden existir dificultades por parte de los animales para alcanzar niveles adecuados de ingestión. El forraje disponible puede incrementarse cambiando el programa de manejo o bien suministrando ensilaje y de esta manera mejorar el balance entre la oferta y demanda.

Los *Panicum* soportan el pastoreo intensivo, pero solo con el mantenimiento de la fertilidad del suelo. Se recomienda retirar los animales de la pastura cuando ésta alcance 20 cm de altura. Bajo estas condiciones, *Panicum* soporta cargas de 2.5 a 4 animales/ha durante las lluvias y 1.5 a 2 animales/ha en sequía (CIAT, 2000). Ñaupari y Flores (1996) en su análisis y diseño de planes de alimentación en pasturas, concluyen que la clave para realizar los planes de alimentación depende de la predicción de la oferta y la demanda de forrajes a lo largo del año ya que estos varían en función a las estaciones del año.

2.9 Plan de pastoreo

Los planes de pastoreo, también llamado sistemas de pastoreo (Flores, 1993); son decisiones de muy corto plazo, y están referidas a cuánto tiempo uno o varios hatos deberían pastorear un potrero o un conjunto de potreros, para alcanzar un nivel de ingestión acorde con el nivel de producción deseado y en consecuencia, ayudan a establecer la intensidad y longitud de las rotaciones (Ñaupari y Flores, 1996).

La planificación forrajera es una herramienta imprescindible para la optimización del uso de los recursos en forma integrada (Cangiano, 1997). Los sistemas de pastoreo tienen como objetivo mejorar la condición de los campos, lograr la utilización uniforme del pastizal y mejorar la producción animal (Flores, 1993).

Flores (1993) menciona que la clave para mejorar la productividad de los pastizales mediante la utilización de los sistemas de pastoreo radica en buscar una combinación de los tratamientos de descanso y el diferimiento (evitar el pastoreo todos los años, en la misma época y con la misma especie animal) de los potreros cuando las plantas deseables son más susceptibles al pastoreo.

Ñaupari y Flores (1996) concluyen que el tiempo para pastorear un potrero está en función no solamente al área del potrero sino también a la disponibilidad y crecimiento de forraje. Cuanto más corto es el tiempo de pastoreo del potrero, la producción animal es más uniforme ya que al inicio del pastoreo los animales despuntan la pastura y consumen aquellas partes de la planta de mayor digestibilidad. A medida que transcurre el pastoreo va restando forraje en menor cantidad y calidad (Reinoso y Soto, 2006).

2.9.1 Grado óptimo de utilización del pastizal

El grado de utilización de un pastizal es la proporción removida de forraje, luego de un proceso de pastoreo, de la proporción presente del año. Puede referirse a una sola especie o a toda la vegetación y se puede expresar en términos cuantitativos tales como porcentaje (25, 50, 75) o en términos cualitativos tales como utilización liviana, moderada, intensiva o destructiva. El grado de uso y producción están inversamente relacionados. A medida que aumenta el uso, decrece la productividad de los animales y viceversa (FAO, 2008).

Flores (1995), señala que el grado de utilización es la proporción de la planta que puede ser consumida sin alterar el vigor de la planta. La mitad que se deja sirve como fuente de reserva de nutrientes y de protección del suelo de la erosión que puede causar la lluvia y el viento.

La FAO (2008) refiere que, para el caso de la mayoría de los pastos, la utilización del 50 por ciento de peso de una planta no representa la utilización del 50 por ciento de su altura. Normalmente, la utilización de dos terceras partes de su altura representa la utilización del 50 por ciento de su peso. Debido a esto o a relaciones similares, se puede tomar la altura del rastrojo como una forma de estimar el grado de utilización de los pastizales.

Holechek *et al.* (1991), resalta la importancia del remanente del pastoreo, como un residuo adecuado para asegurar el mantenimiento de la planta, el suelo, vida silvestre y el componente hídrico del ecosistema del pastizal. Un pastoreo permanente con alta carga animal desgasta las especies más palatables, las reemplaza por especies de poco valor forrajero, expone el suelo al impacto de la erosión hídrica y eólica, altera el micro ecosistema de organismos del pastizal, es decir se altera por completo el ecosistema.

De igual manera León (2003), menciona que se debe dejar un remanente para la supervivencia de las especies claves y de importancia para la cobertura del suelo. Este grado de uso racional u óptimo, es la proporción de la materia seca de forraje acumulado que puede ser pastoreada sin afectar a la planta y se considera que puede variar entre un 50 y 60 por ciento.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y características del área experimental

El presente estudio se llevó a cabo en la Unidad Agropecuaria “San Antonio” Distrito de Bellavista, Provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca; es una Unidad Agropecuaria de mediano tamaño, encontrándose Unidades Agropecuarias similares en ceja de selva peruana (figura 5).

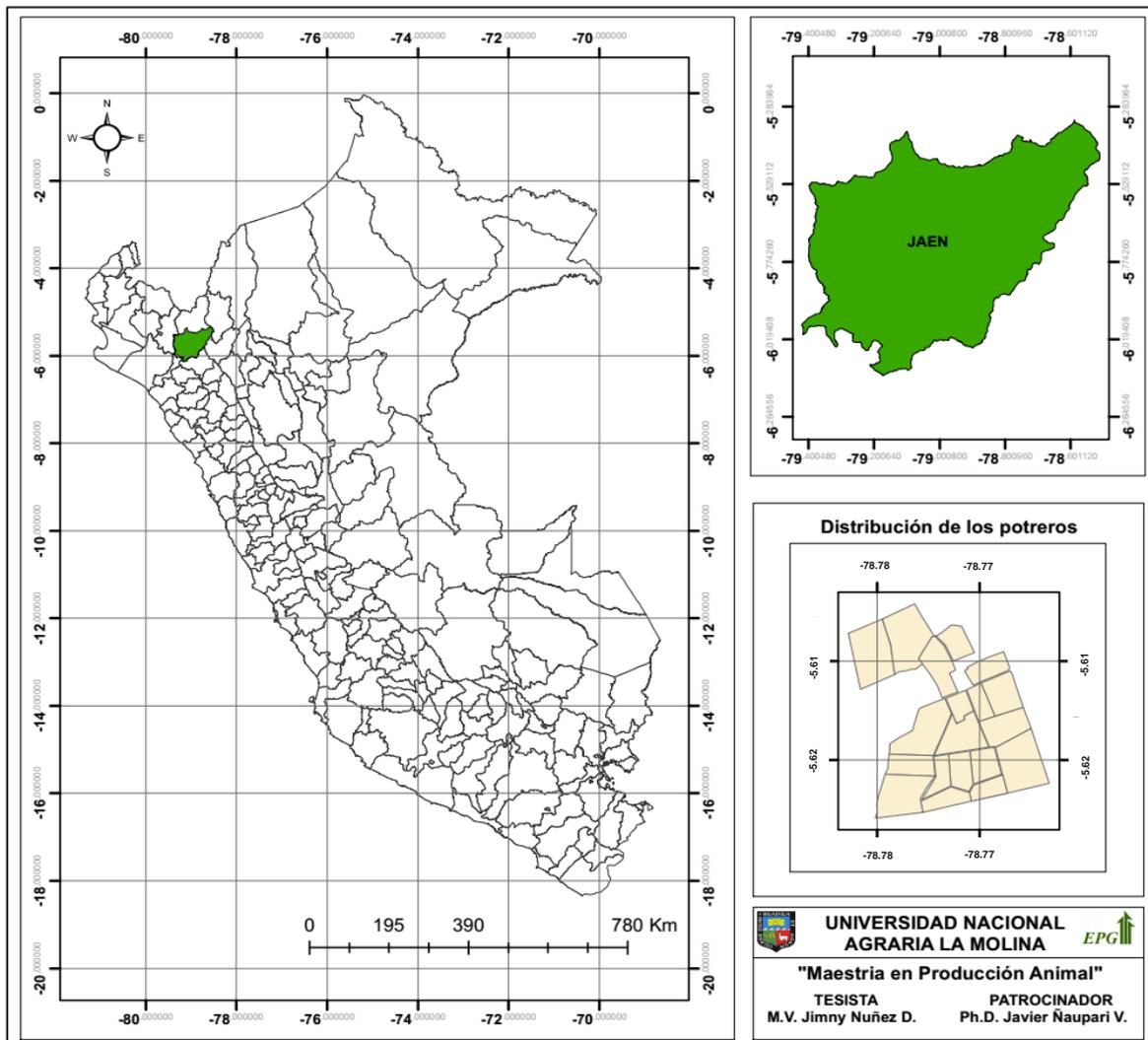


Figura 5. Ubicación geográfica de la zona experimental

La Unidad Agropecuaria es manejada bajo un sistema silvopastoril con árboles dispersos que tiene a la *Acacia macracantha* (especie nativa, representa el 35 por ciento de la cobertura aérea, con una densidad promedio de 60 árboles/ha) como componente arbóreo y al *Panicum maximum* (especie introducida, 54 has) como componente pastizal, de las cuales se evaluaron 41.9 has (77.4 por ciento) destinadas a las vacas lecheras; las otras 12.1 has (22.6 por ciento) están destinadas a la recría y vaquillas. Los potreros (14) están divididos con cercos fijos (alambre de púas) con áreas que van desde 1.4 y 5.5 has cada uno (Figura 6).

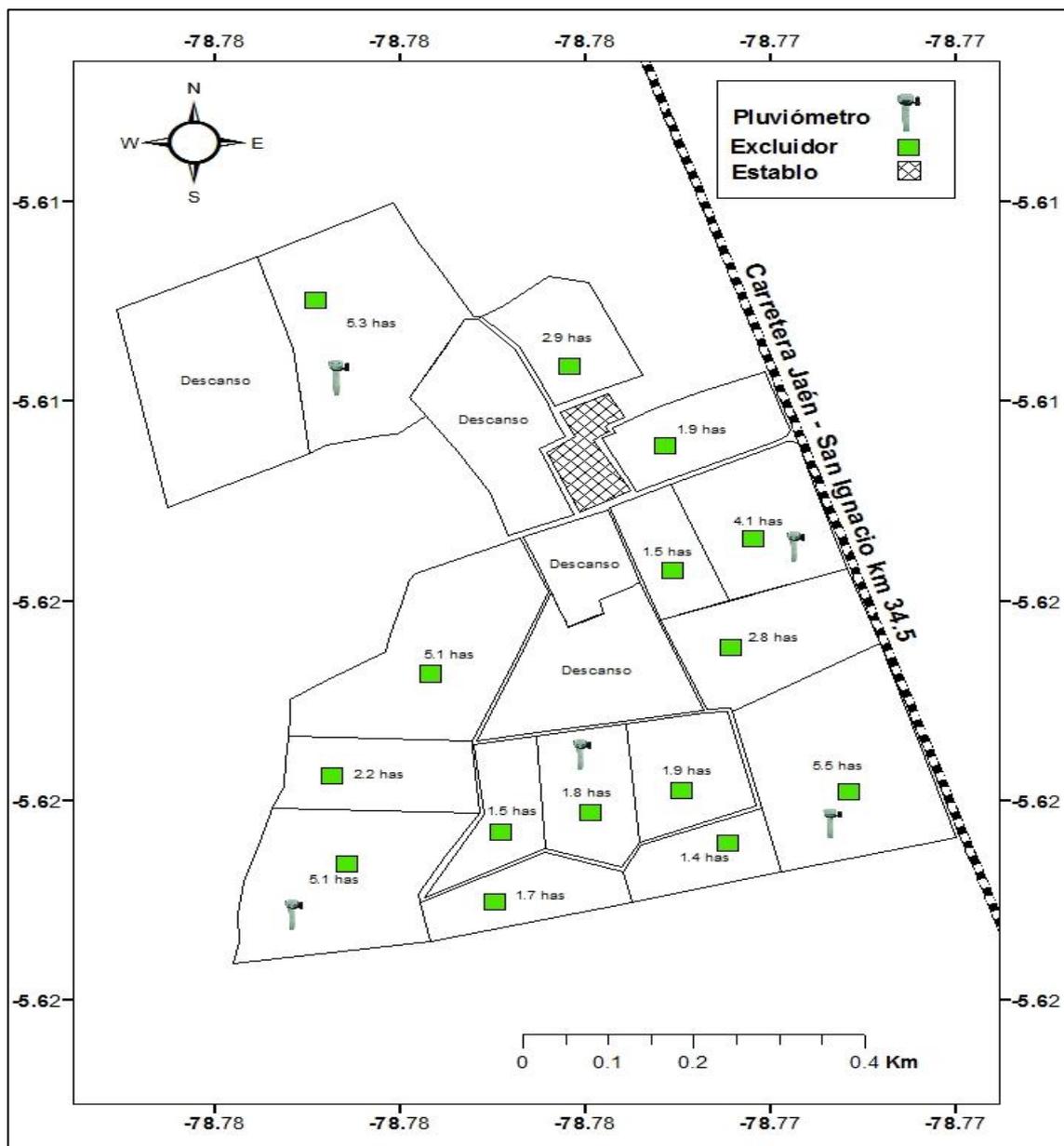


Figura 6. Distribución de los potreros y diseño del experimento

La Unidad Agropecuaria está ubicada a una altitud de 729 msnm; zona considerada por Holdridge como bosque seco premontano tropical (bs-PT). La temperatura media anual máxima es 34.0 °C y la media anual mínima de 18.5 °C, en los meses de junio y julio; además la temperatura media anual es 26.4 °C. La humedad relativa media anual del ambiente es 76.5 por ciento variando de 71.0 y 82.1 por ciento entre las épocas seca (agosto) y lluviosa (marzo) respectivamente. La precipitación anual es 722.6 mm presentándose la mayor precipitación en los meses de octubre y abril (104.7 mm) y la menor precipitación durante los meses de agosto y setiembre (13.6 mm), (SENAMHI, 2012).

La tabla 1, indica que los suelos del área experimental son ligeramente alcalinos con valores de pH 7.64 y 7.77 para las áreas bajo la copa de los árboles y fuera de ella respectivamente. Estos valores están dentro del rango tolerable (5.0 a 8.0) para la especie *Panicum maximum* (CIAT, 2002); y dentro de los rangos óptimos (6.0 a 7.5) para el crecimiento de la mayoría de las especies, debido a que la mayor parte de nutrientes se encuentra disponible en este rango de pH (USDA, 1999).

La textura del suelo es la misma para las dos áreas evaluadas (fuera y bajo la copa de los árboles), con lecturas Franco-Arcillo-Arenoso; esto demuestra que son suelos de textura moderadamente fina con buena aireación y disponibilidad de agua, ayudando a los microorganismos en el suelo a sobrevivir, beneficiando a la absorción de nutrientes y favoreciendo el crecimiento de las plantas; (Navarro, 2013).

La cantidad de materia orgánica en el suelo es relativamente baja dentro y fuera de la copa de los árboles con valores de 1.80 y 1.59 por ciento respectivamente (Tabla 1); pero los niveles son ligeramente mayores bajo la copa de los árboles, debido a que éstos son de tipo caducifolia (recicla hojarasca), sumado las podas frecuentes, hacen que exista mayor cantidad de materia orgánica bajo la copa de los árboles. Sin embargo, se consideran valores bajos, este comportamiento está estrechamente relacionado con los bajos niveles de nitrógeno en el suelo. La mayor deposición de materia orgánica contribuye a modificar las características físicas del suelo, principalmente su estructura (Sadeghian *et al.*, 1998). Los efectos benéficos, son más pronunciados cuando los árboles tienen sistemas radiculares profundos y poseen, la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, como el caso de las especies leguminosas (Rey Obando, 2007).

Tabla 1. Características del suelo experimental.

Indicador	Bajo de copa de los árboles	Fuera de copa de los árboles
pH	7.64	7.77
Textura	FrArA ₀	FrArA ₀
M.O. (%)	1.80	1.59
N (%)	0.1	0.1
CaCO ₃ (%)	15.25	13.60
P (ppm)	12.90	9.00
K (ppm)	437.00	246.50
Al ⁺³ H ⁺	0.00	0.00

Los niveles de fósforo en el suelo, difieren claramente bajo la copa de los árboles y fuera de ella, mostrando valores de 12.90 y 9.00 ppm respectivamente, se consideran niveles medios que lo utilizaran las plantas en los procesos de fotosíntesis, transferencia de energía y en la síntesis y degradación de carbohidratos, de esa forma se tendrá una pastura de mayor calidad que favorecerá en el crecimiento y desarrollo de los animales.

Por otro lado, los niveles de potasio en el suelo de experimentación fueron mayores bajo la copa de los árboles, respecto a los encontrados fuera de ella, con valores de 437.00 y 246.50 ppm respectivamente, estos valores se atribuyen a que los arboles tienen mayor capacidad extractora de minerales debido al tamaño de sus raíces, sumado el reciclaje de hojarasca, y a la mayor cantidad de excretas bajo la copa de los árboles. Existe una mayor cantidad de fósforo y potasio bajo la copa de los árboles (en los perfiles superficiales del suelo) ya que éstos tienen la capacidad de extraer los nutrientes desde las capas profundas (Carranza y Ledesma, 2004; Rundel *et al.*, 1982), independientemente de los rangos de pH, haciéndolo más disponibles a los pastos.

No se detectaron niveles de aluminio en los suelos debido a que son suelos ligeramente alcalinos. Este elemento se encuentra generalmente en las arcillas y bajo ciertas condiciones se puede volver tóxico para las plantas ya que inhibe el desarrollo de las raíces, esto ocurre generalmente en suelos con pH menor a 5 (Zapata, 2004), en este estudio el pH fue 7.7. Además, en los suelos agrícolas, la presencia de aluminio implica una reducción de la fertilidad debido a que producen fenómenos de degradación de la materia orgánica y de pérdida de nutrientes (Acevedo, 2007).

3.2 Demanda de forraje

3.2.1 Animales experimentales

Se utilizaron 5 vacas cruzadas Brown Swiss x Criollo de edad adulta de 2 a 4 meses de lactación al inicio del experimento. Las vacas fueron identificadas con números del 1 al 5 en la paleta derecha y anca izquierda con cinta reflectora vehicular para su seguimiento por las noches; su peso fue estimado en cada época midiendo el perímetro torácico con cinta bovinométrica.

3.2.2 Composición botánica y análisis químico de la dieta

Se colectaron muestras representativas de la dieta de cinco vacas Brown Swiss x Criollas, por método de simulación manual (Austin *et al.*, 1983) en horas de la mañana cuando las vacas están pastoreando activamente. El método consistió en observaciones del pastoreo individual de los animales por 2 a 3 horas, cerca al área de pastoreo para luego tomar muestras manuales representativas del forraje consumido por el animal. Las muestras se colectaron en 100 estaciones alimentarias. Las estaciones alimentarias se definen como el semicírculo en frente del animal dentro del cual el animal cosecha el forraje cada vez que se detiene a comer (Flores, 1993).

La composición botánica comprende la proporción de hojas, tallo, material verde y material senescente en la dieta de los animales que se determinaron a partir de muestras colectadas por simulación manual, utilizando la técnica de macroscopía de punto. Para ello se contó con un tablero dividido en 100 cuadrículas con cruz al medio de cada cuadrícula y numeración a los costados. En ella se esparció las muestras y se realizaron 100 lecturas, expresándose la composición botánica (hoja / tallo, verde / senescente) en porcentaje.

Las dietas una vez colectadas fueron secadas en el Laboratorio de Utilización de Pastizales, molidas y remitidas al Laboratorio de Bioquímica, Nutrición y Alimentación Animal de la Universidad Mayor de San Marcos y los Laboratorios de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

La digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO) se analizó empleando el método de Tilley y Terry (1963). Una vez conocida la DIVMO se estimó la energía metabolizable (EM) de la pastura por época, expresada en MJ EM/Kg MS, a través de la siguiente ecuación (Maff 1975, Geenty y Rattray, 1987):

$$EM = 0.16 \times DIVMO \dots\dots\dots (Ecuación 1)$$

El contenido de proteína cruda, fibra detergente neutra, calcio y fósforo se determinó empleando el método Semi-Micro Kjeldahl, Análisis de Fibra de Forrajes, Titulación con Permanganato de Potasio, y Espectrofotometría con Molibdato de Amonio, respectivamente (Goering y Van Soest 1970, AOAC 2001).

3.3 Oferta de forraje

3.3.1 Tasa de crecimiento y disponibilidad

El crecimiento del forraje se midió dentro de excluidores de 4 m² para prevenir el pastoreo del forraje a ser medido siendo el área de muestreo 1 m² eliminando el efecto del borde (ASRM, 1992). Los excluidores se cambiaron de posición cada época evaluada para evitar el efecto del corte sucesivo sobre la verdadera expresión de la tasa de crecimiento del forraje. Las muestras colectadas se llevaron al laboratorio y fueron secadas a 60 °C por 48 horas (AOAC, 2000) expresándose el crecimiento en kilogramos de materia seca por hectárea y por día (kg MS/ha/día).

La producción de forraje (kg MS/ha/año) se definió como la integral por debajo de la curva de crecimiento y se calculó sumando el crecimiento mensual de forraje a lo largo del año. Esta medida se utilizó posteriormente para calcular el número de unidades animal (UA) que puede soportar el sistema sin alterar la estructura y la función del ecosistema (Geenty y Rattray, 1987).

La disponibilidad de pasto (kg MS/ha) se midió utilizando el método de corte y separación manual por especies y partes (ASRM, 1992) el cual consistió en cortar el material forrajero

a 10 cm del suelo, separando el material senescente y partículas de suelo del forraje. La disponibilidad de forraje se midió en 14 potreros, utilizando un cuadrante de fierro de 1 m², previo a la entrada de vacunos. Las muestras se enviaron al Laboratorio de Utilización de Pastizales de la Universidad Nacional Agraria La Molina para su secado a 60° C por un tiempo de 48 horas (AOAC, 2000).

3.2.2 Temperatura y humedad del suelo

La temperatura del suelo se midió dentro de un radio de 2 metros a las jaulas de crecimiento de pasto, a una profundidad de 15 centímetros de la superficie donde se introdujo un geotermómetro por 5 minutos. Las medidas de temperatura se realizaron entre las 9 a.m. y 12 p.m. periodo en el cual existen pocas variaciones en la temperatura del ambiente.

La humedad del suelo se midió utilizando el método gravimétrico, a 10 y 20 centímetros de profundidad en el hoyo en que se midió la temperatura, empleándose envases plásticos con tapas herméticas para evitar la pérdida de humedad. Las muestras se enviaron al laboratorio, donde se determinó el contenido de humedad utilizando una estufa a 105 °C por un tiempo de 24 horas (Martínez, 1971).

3.3.3 Precipitación

Se realizaron mediciones de precipitación mediante la metodología recomendada por Keith (1993). Se utilizaron cuatro pluviómetros repartidos dentro de los potreros en las 41.9 has evaluadas cada época. Estos fueron elaborados de recipientes de plástico descartable de 2 litros, transparentes y previamente graduados en mililitros, los que se colocaron en un poste de 2 metros de altura, suspendidos con cables rígidos.

La precipitación se midió en mililitros volumétricamente diariamente después de cada precipitación para evitar la evaporación y tener resultados más reales. La conversión de mililitros (ml) de agua colectada a milímetros (mm) de precipitación, se calculó con la fórmula recomendada por Keith (1993). De igual forma se midió la temperatura y humedad relativa del ambiente utilizando un termómetro/higrómetro.

$$\text{ppt (mm)} = \frac{\text{ppt (ml)}}{(\pi) \times (0.001) \times (\text{radio mm})^2} \dots\dots\dots (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

- ppt (mm) : Precipitación expresada en milímetros.
- ppt (ml) : Precipitación en mililitros colectado por el pluviómetro.
- Radio (mm) : Radio del pluviómetro expresado en milímetros.
- π : 3.1416
- 0.001 : Mililitro por milímetro cúbico de precipitación.

3.4 Ingesta de forraje

Se observó a las 5 vacas experimentales en las mañanas y tardes por dos días en cada época. El número de bocados se estimó durante tres minutos, periodo en el cual se controla el número de bocados que realiza cada vaca, utilizando los sentidos de la vista y de la audición que se genera cuando al animal cosecha el forraje.

La ingesta de forraje diario se determinó utilizando el método de comportamiento de animales al pastoreo o de bocados que está en función a tres variables (Stobbs, 1973 a,b).

$$I = \text{Nb} \times \text{Tb} \times \text{Tp} \dots\dots\dots (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

- I : Ingesta de Forraje (g/día)
- Nb : Número de bocados (bocados/minuto)
- Tb : Tamaño de bocados (g/bocado)
- Tp : Tiempo de pastoreo (minutos/día)

El tamaño de bocados, se estimó manualmente cortando un número de muestras similar al número de bocados del animal durante tres minutos. Las muestras fueron secadas a 60 °C por 48 horas para determinar el contenido de materia seca (AOAC, 2000). Luego se dividió

el peso de la materia seca consumida entre el número de bocados para determinar el peso (g/bocado) de cada bocado, (Stobbs, 1973 a, b).

El tiempo de pastoreo se determinó por observación directa de las vacas, cada 5 minutos por dos días completos en cada época de muestreo. Una vez conocidas estas variables el consumo de forraje diario se expresó en kg MS vaca/día y en porcentaje con relación a su peso vivo.

3.5 Requerimiento de energía

Los requerimientos energéticos de las vacas al pastoreo, se expresaron en MJ EM/vaca/día para las tres épocas de estudio en base a requerimientos de mantenimiento y producción de leche; primero se estableció el presupuesto de actividades, seguidamente se estimó los requerimientos energéticos para mantenimiento.

El presupuesto de actividades se estimó utilizando 5 vacas, a las cuales se les marco con cinta reflectora vehicular con números del 1 al 5 en la paleta derecha, anca izquierda y arete para facilitar su observación durante la noche a distancias moderadas. Los requerimientos no incluyen gasto por termorregulación porque se trata de un sistema silvopastoril en la cual los árboles generan un microclima apropiado para los animales, permitiéndolos no salir de su zona de confort.

Los animales fueron observados focalmente cada 5 minutos durante 48 horas por dos observadores en turnos para evitar el agotamiento. Durante la noche las observaciones fueron hechas con la ayuda de linternas para facilitar la ubicación de los animales. Esta técnica se repitió cada época de evaluación (seca, inicio de lluvias y lluviosa). El requerimiento energético de las vacas se calculó en base a los requerimientos de metabolismo basal, actividades y producción (Tabla 2).

Tabla 2. Ecuaciones para el cálculo del requerimiento energético de vacas al pastoreo (Geenty y Rattray, 1987).

Variable	Unidad	Ecuación
Metabolismo basal		$550 \text{ KJ} / \text{kg } W^{0.75}$
Actividades		
<i>Pastoreo</i>	hr	2.3 KJ/h/kg PV
<i>Rumia</i>	hr	1.0 KJ/h/kg PV
<i>Parada</i>	hr	0.5 KJ/h/kg PV
<i>Caminata</i>	hr	2.5 KJ/km/kg PV
Producción de leche	Kg. Leche	5100 KJ EM/Kg Leche

Fuente: Geenty y Rattray (1987).

Donde:

W : Peso metabólico

PV : Peso vivo

hr : tiempo en horas dedicadas a la actividad

Km : Distancia recorrida en kilómetros

Metabolismo basal.: El metabolismo basal, se calculó en función al peso metabólico del animal multiplicado por su factor de requerimiento energético correspondiente.

Los animales fueron preparados previamente para ser observados de cerca sin interferir con su comportamiento. Para facilitar la toma de datos se utilizaron registros prediseñados para apuntar las diferentes actividades y relojes electrónicos de pulsera programados para emitir una alarma cada 5 minutos.

El comportamiento de los animales fue clasificado en 7 actividades: Pastoreo, caminata, rumia, descanso y otros (socialización, abrevaje y defecación), los cuales fueron definidos de la siguiente manera:

Pastoreo: Período de tiempo que los animales caminan con la cabeza hacia abajo cosechando alimento a lo largo de varias estaciones alimentarias.

Caminata: Período de tiempo que los animales dedican a desplazarse de un lugar a otro con la cabeza arriba de la línea de la cruz.

Rumia: Período de tiempo que los animales dedican a masticar el forraje regurgitando y puede realizarse en posición parado o sentado.

Descanso: Período de tiempo dedicado por los animales a descansar parada o sentada sin rumiar o interactuar con otros animales.

Otras actividades: En esta se agrupan la socialización la que se define como tiempo dedicado a interactuar con otros miembros del grupo vía juegos, lamidos, mugidos, peleas, entre otros. El abrevaje, es el tiempo que el animal dedica para tomar agua y la defecación, tiempo que dedican los animales para orinar y defecar.

También se determinó la distancia recorrida de los animales por unidad de tiempo en km. La velocidad de caminata de las vacas se midió en las mañanas y en las tardes, durante el periodo intenso de pastoreo por un espacio de 30 minutos, tratando en lo posible de no alterar su desenvolvimiento y determinando la velocidad en km/hora. Una vez conocida la velocidad, este valor se multiplicó por el tiempo que dedicaron las vacas a caminar obteniéndose la distancia que caminaron diariamente en km/día.

Para estimar los requerimientos de energía de todas las actividades se utilizó el método factorial, estableciéndose en función del tiempo involucrado para cada actividad, el peso del animal y el factor de requerimiento energético para la referida actividad que está determinado por calorimetría.

Producción de leche y porcentaje de grasa: La producción de leche se midió en 5 vacas ordeñadas una vez al día (6 a.m.) con ternero al pie y la producción de leche de cada vaca se

estimó pesando el total de la leche producida en el ordeño ya que las crías amamantaban otras vacas por los días de evaluación.

En cada época se tomó una muestra de leche por vaca en frascos plásticos de 1 litro de capacidad debidamente esterilizados para luego ser llevados al laboratorio de leche de la Facultad de Ingeniería Zootecnia de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, donde se evaluó el porcentaje de grasa por el método Gerber (Alais, 1994). El cálculo de requerimiento energético para producción se basó en la metodología de Geenty y Rattray (1987).

3.6 Requerimiento energético y balance de energía

De la sumatoria de los requerimientos energéticos del metabolismo basal, actividades, y producción se determinó el requerimiento energético total de las vacas mediante la fórmula:

$$\text{Req. Energ. Total (EM)} = \text{EM}_{\text{Metabolismo basal}} + \text{EM}_{\text{Actividades}} + \text{EM}_{\text{Producción}}$$

El balance energético resultó de la diferencia entre consumo de energía y el requerimiento calculado por factorización. El cálculo del consumo de energía consistió en determinar la energía metabolizable (EM) de la dieta consumida por el animal a partir del análisis de digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) aplicando la ecuación N° 2. De otro lado se estimó el consumo de energía del forraje consumido multiplicando la ingesta diaria por su valor energético en MJ de EM.

3.7 Diseño de perfiles alimentarios

Los perfiles alimentarios son usados para estimar la carga potencial y establecer un balance entre la oferta y demanda de forraje para el hato (Milligan *et al.*, 1987). La oferta de forraje se estimó a partir de la tasa de crecimiento y producción de forraje; mientras que la demanda a partir de la carga animal y sus requerimientos.

La producción promedio anual (kg MS/ha/año) de pasto se basó en el patrón mensual obtenido de la tasa de crecimiento de forraje (kg MS/ha/día). La tasa de crecimiento diario fue multiplicada por el número de días correspondientes al mes y luego se realizó la sumatoria total para determinar la producción de forraje del periodo de evaluación.

La cantidad de leche promedio producida para la época fue obtenida de la cantidad al ordeño ya que las crías amamantaban otras vacas durante el periodo de evaluación, obteniéndose una producción promedio total para el periodo de 4103.72 litros y producción diaria promedio por vaca de 5.3 litros, con un porcentaje de grasa equivalente de 2.87 por ciento, con lo que se determinó que para el periodo de evaluación una vaca producía 48.35 kg de grasa de leche.

La producción promedio de grasa en la leche; kg de grasa de leche/vaca/día, fue obtenida multiplicando la producción promedio diaria por el porcentaje de grasa; los requerimientos de energía metabolizable, MJ EM/vaca/día; y el valor nutritivo de la pastura expresado en MJ EM/kg MS de forraje, se calcularon para cada época. La asignación diaria de pasto fue obtenida de la división entre las necesidades de energía de las vacas y el valor energético de la pastura.

La carga animal (vacas/ha) propuesta para la Unidad Agropecuaria se obtuvo dividiendo la producción anual de pasto (kg MS/ha/año) entre la asignación de forraje de una vaca durante un año (kg MS/ha/año). La demanda de forraje se obtuvo sumando las asignaciones en cada período de evaluación de una vaca multiplicada por el número de días correspondientes al período. La carga animal propuesta fue asignada constante y la demanda de pasto fue expresada en kg MS/ha/día multiplicando la asignación diaria de forraje de una vaca por la capacidad de carga propuesta.

El cambio en la disponibilidad resultó de restar la demanda del hato al crecimiento de forraje, y luego de multiplicarlo por el número de días correspondiente en la época. La disponibilidad al inicio de época se refirió a la producción de forraje encontrada en la época; la disponibilidad más crecimiento estuvo referida a toda la época. La disponibilidad al final de la época, se calculó sumando o restando el cambio de disponibilidad a la disponibilidad inicial y la utilización de forraje (%) se estimó de la siguiente manera:

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

3.8 Plan de pastoreo

El plan de pastoreo se calculó mediante el procedimiento método residual ya que es el más común para determinar cuántos días un hato debería permanecer en un potrero (Milligan *et al.*, 1987). El forraje residual (kg MS/ha) post pastoreo se estimó en función a la producción de forraje en esa época considerando un residual (56 por ciento) apropiado para garantizar el rebrote del pastizal y mantener la integridad del ecosistema del pastizal año tras año sin inducir retrogresión.

El número de vacas por potrero se calculó utilizando la carga animal ideal recomendadas por CIAT (2000) de 2.0 UA/ha para la época seca multiplicado por el área de la Unidad Agropecuaria destinada para las vacas en producción.

Una vez establecida el área, disponibilidad, crecimiento, residual y demanda de forraje para cada época, se procedió a calcular el número de días de pastoreo / potrero según su área. El número de días de permanencia en cada potrero se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Número de días} = \text{Forraje Utilizable} / \text{Demanda} \dots\dots\dots(\text{Ecuación 4})$$

Donde:

Forraje utilizable : (Disponibilidad + Crecimiento – Residual) x área.

Demanda : Número de animales x consumo de forraje (Milligan *et al.*, 1987).

3.9 Análisis estadístico

Los resultados experimentales se evaluaron utilizando estadística descriptiva y análisis de variancia. Los análisis de variancia servirán para separar los efectos de la época del año sobre las variables de respuesta experimental (Calzada, 1982).

La variación de la tasa de crecimiento y los valores de disponibilidad de forraje fueron analizados bajo un diseño completamente al azar (Calzada, 1982) usando cada época como tratamientos y las jaulas de crecimiento como réplicas. El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = U + S_i + E_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} : Tasa de crecimiento.
- U : Efecto de la media general.
- S_i : Efecto de la i-ésima época.
- E_{ij} : Error experimental

La composición química de la dieta, selectividad de dietas, consumo de forraje y requerimiento energético fueron analizados mediante un diseño de bloques al azar (Calzada, 1982) donde las épocas correspondieron a los tratamientos y las vacas a los bloques. Las dietas se integraron al azar en dos alícuotas: Alícuota 1: Vacas 1, 2 y 3. Alícuota 2: Vacas 4 y 5. El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = U + S_i + B_j + (S.B)_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} : Contenido de EM, Ca, y P en las dietas.
- U : La media general.
- S_i : Efecto de la i-ésima época.
- B_j : Efecto del i-ésimo grupo de vacas.
- $(S.B)_{ijk}$: Efecto de la interacción de las épocas y las vacas.

El análisis de varianza para las actividades en general se realizó utilizando un Diseño Jerárquico (Calzada, 1982) donde los tratamientos fueron las épocas y las variaciones entre vacas dentro de las épocas como error experimental, y las variaciones entre los días dentro de las vacas como error de muestreo. El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = U + S_i + V(S)_{ij} + D(V/S)_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Actividades que realizan las vacas.

U : Media general.

S_i : Efecto de la i -ésima época.

$V(S)_{ij}$: Efecto de la j -ésima vaca dentro de la i -ésima época.

$D(V/S)_{ijk}$: Efecto del k -ésimo día dentro de la j -ésima vaca dentro de la i -ésima época.

Para la evaluación de comparaciones individuales de los efectos se utilizó una prueba de media Duncan o DLS, según corresponda a un nivel de 0.05 a fin de detectar diferencias estadísticas entre los promedios analizados (López y Flores, 1991).

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Tasa de crecimiento y disponibilidad de forraje

4.1.1 Tasa de crecimiento del forraje

La tasa de crecimiento fue mayor en la época lluviosa, 46.28 kg MS/ha/día, superando significativamente ($p < 0.05$) a las épocas seca e inicio de lluvias, 8.16 y 18.42 kg MS/ha/día, respectivamente (Figura 7).

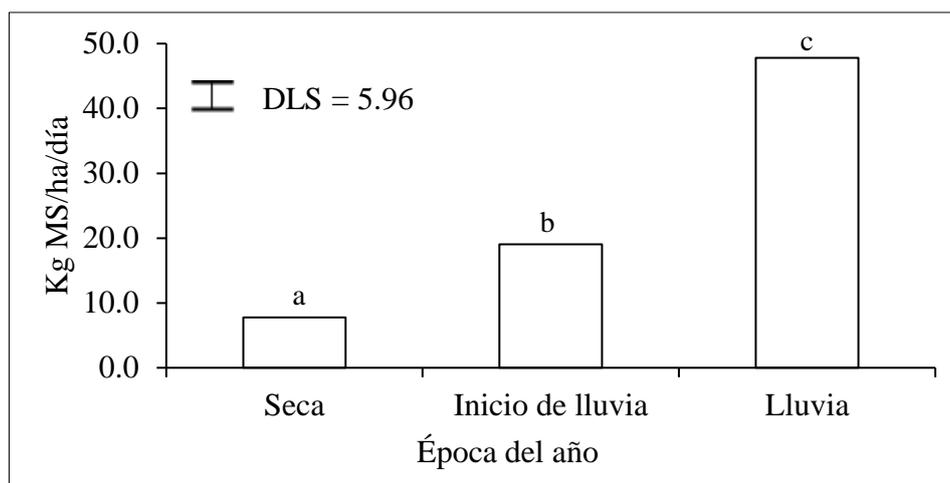


Figura 7. Variación de la tasa de crecimiento (kg MS/ha/día) según la época

Las tasas de crecimiento encontradas para las tres épocas son similares a las reportadas por Ramírez *et al.* (2009) en *Panicum maximum* var. Jacq. (en condiciones experimentales sembrada en surcos a chorro continuo) en la que reporta 15.9 y 65.7 kg MS/ha/día cortado a las 3 semanas en épocas seca y lluviosa respectivamente. Por su parte, Verdecia (2008) encontró en condiciones experimentales tasas de crecimiento acumulado de 47.7 y 120.7 kg MS/ha/día durante las épocas seca y lluviosa respectivamente en *Panicum maximum* var. Mombaza. Las mayores tasas de crecimiento en la época lluviosa se debieron a la mayor humedad (18.0 por ciento) del suelo durante esta época (Tabla 3). Cuando se realiza el corte

cada 3 semanas se controla mejor la acumulación de tallos y material muerto, propiciando mayor proporción de hojas en el forraje acumulado.

Tabla 3. Variables climáticas de la zona de estudio

Variable	Seca	Inicio de lluvias	Lluviosa	Promedio
Temperatura (°C)	31.2 ^a	28.5 ^b	24.7 ^c	28.1
Humedad relativa (%)	9.9 ^a	12.9 ^b	18.0 ^c	13.6
Precipitación total (mm)	13.8 ^a	85.2 ^b	982.0 ^c	1081.0*

(^{a,b,c}) Letras diferentes en cada fila revelan diferencias entre variables ($p < 0.05$). (*: Total).

La masa vegetal, el área foliar y la intercepción de luz, factores asociados positivamente con el crecimiento, generalmente son mayores durante la época lluviosa, coincidiendo con los valores más altos de humedad del suelo. El crecimiento de forraje es limitado cuando existen bajos niveles de masa vegetal o material verde y seco sobre el suelo. Es decir, el área foliar es pequeña afectando la capacidad de intercepción de luz para el proceso de fotosíntesis y desarrollo de tejido vegetal nuevo.

El óptimo de temperatura ambiental para el *Panicum maximum* es 30 °C, temperatura que permite la producción máxima de materia seca. Estas plantas C4 son más eficientes en el uso del nitrógeno bajo condiciones de alta intensidad de luz. Norton (1982) citado por Zemmeling (1986) reporta que las plantas C4 son un 50 por ciento más eficientes que las plantas C3 para la acumulación de materia seca.

La anatomía vegetal diferenciada de las plantas C4, favorece el desarrollo de pastos de crecimiento erecto, con el consecuente mayor desarrollo de tallos encañados y una disminución de la relación hoja/tallo. Los pastos tropicales de tipo C4, llegan a alcanzar una producción máxima de materia seca entre 50 a 54 g/m²/día (IPNI, 2003). El crecimiento del forraje depende principalmente de la temperatura, humedad y régimen de lluvias a lo largo del año.

4.1.2 Disponibilidad de forraje

La disponibilidad de forraje fue mayor ($p < 0.05$) en la época lluviosa con 7764.3 Kg MS/ha seguida de la época inicio de lluvias con 4023.3 Kg MS/ha y seca con 2696.9 Kg MS/ha (Figura 8).

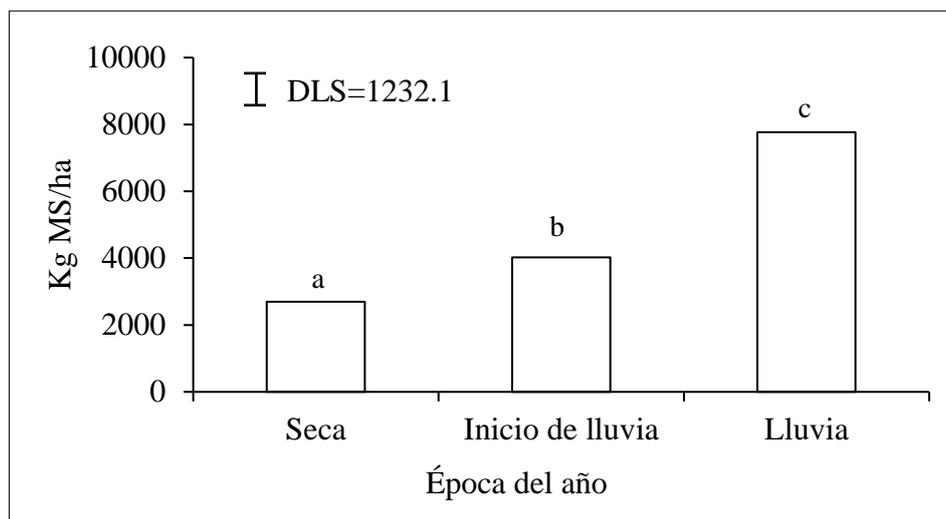


Figura 8. Variación de la disponibilidad de forraje (kg MS/ha) según la época

La mayor disponibilidad de forraje durante la época de lluvias, se debió a las mejores condiciones ambientales (temperatura, humedad, precipitación), que existen en dicha época. Por otro lado, la mayor disponibilidad de forraje se debe a la alta tasa de crecimiento que presenta la especie cuando existen las buenas condiciones ambientales; esta acumulación de forraje residual, sin embargo, resulta de una mayor proporción de forraje maduro en la época seca, disminuyendo la calidad nutritiva de la pastura.

Es importante no pastorear por debajo de 20 cm ya que ello reducirá los rendimientos y la longevidad de la pastura. Los valores de producción de materia seca de ocho subtipos de *Panicum maximum* fluctuaron entre 3.74 a 16.52 t MS/ha en cortes a 20 cm y entre 3.89 a 16.94 t MS/ha en cortes a 40 cm, además, el cultivar Tanzania logró una producción de 13.55 t MS/ha en 20 cm y 11.03 t MS/ha en 40 cm, (Caceto *et al.*, 2000).

Verdecia *et al.* (2009) al evaluar *Panicum maximum* variedad Mombaza y Uganda de cuatro edades de rebrote (30, 45, 60 y 75 días) y una altura de 10 cm de corte encontró una variación

entre de 4.02 y 9.02 t MS/ha respectivamente a medida que aumentaba en edad. También se encontraron valores de 24.30 t MS/ha en la época lluviosa para la variedad Mombaza con intervalos de corte de siete semanas (Ramírez *et al.*, 2009).

4.1.3 Temperatura y Humedad del suelo

Temperatura del suelo

La temperatura del suelo presentó diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre las épocas evaluadas a lo largo del año, mostrando su mayor valor en la época seca (31.2 °C), respecto a la época lluviosa que presentó el menor valor (24.7 °C). La temperatura promedio anual del suelo fue 28.1 °C, variando a lo largo del año inversamente a la tasa de precipitación (Figura 9).

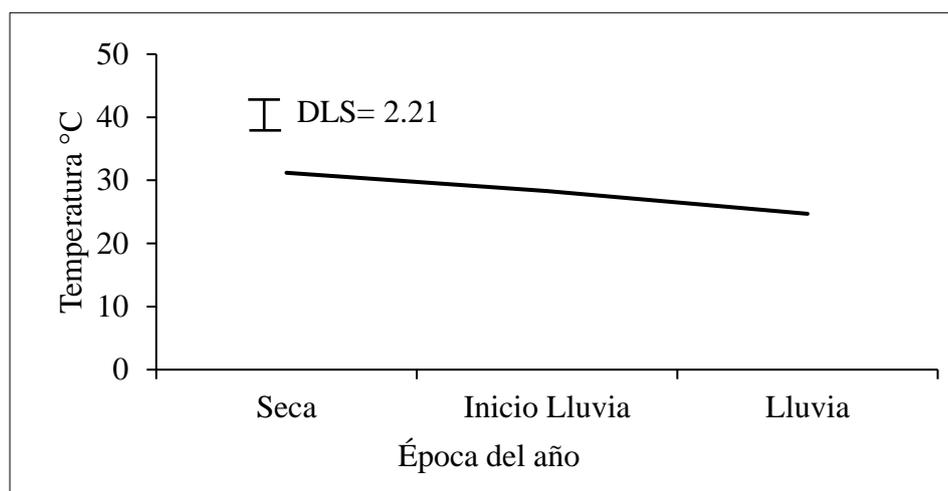


Figura 9. Variación de temperatura del suelo según la época

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.

La materia orgánica del suelo regula la temperatura del suelo, ya que éste actúa como un aislante debido a la menor capacidad volumétrica de calor de la materia orgánica disminuyendo cambios de temperaturas respecto a un suelo desnudo (Sánchez, 1981).

La temperatura del suelo en los trópicos, según el Sistema de Taxonomía de Suelos de Estados Unidos, caen en las categorías de regímenes de “isotemperatura”, es decir, “menos de 5 °C de diferencia entre la temperatura media del verano e invierno a 50 cm de profundidad” (Soil Survey Staff, 1970). La temperatura media anual del aire se aproxima mucho a la temperatura media anual del suelo en los trópicos (Sánchez, 1981).

Humedad del suelo

La humedad del suelo presentó diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre las épocas evaluadas a lo largo del año, mostrando su mayor valor en la época lluviosa (18 por ciento), seguida de la época inicio de lluvias (12.9 por ciento) y la época seca (9.9 por ciento). La humedad del suelo aumenta a medida que aumentan las precipitaciones (Figura 10).

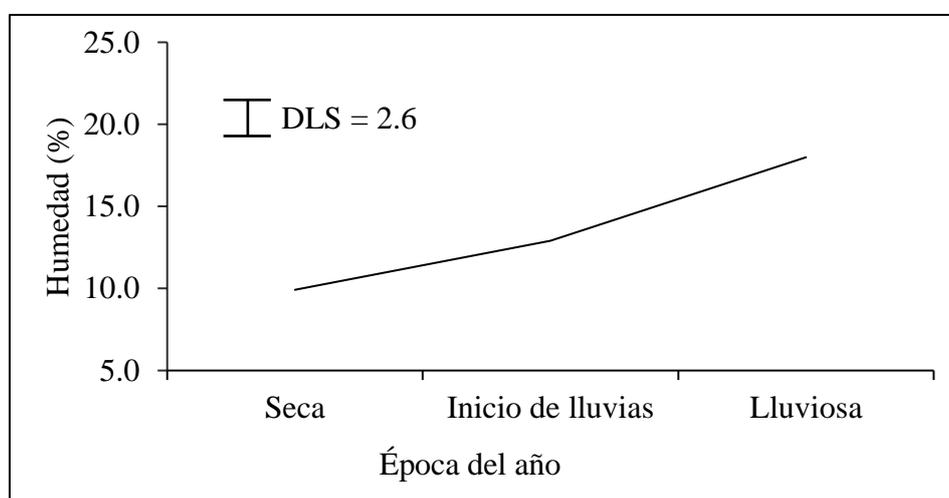


Figura 10. Variación de la humedad del suelo según época

La cantidad de humedad en el suelo depende de cuanta lluvia cae y de la capacidad de infiltración del suelo. En las condiciones tropicales y de secano, la cantidad de agua que entra al suelo depende del porcentaje que se desvía de la superficie como escorrentía. No

siempre puede ser posible prevenir toda la escorrentía, pero el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo puede ayudar a reducirla a un mínimo inevitable, de tal forma que se reduce el estrés hídrico de las plantas (FAO, 2005).

En las épocas lluviosas, existe suficiente humedad del suelo, que sumado a altas temperaturas aceleran la velocidad de absorción del agua (por las diferencias entre los gradientes de humedad superficial y humedad del suelo) y las soluciones nutritivas fácilmente por parte del sistema radicular de las plantas, además de favorecer a la actividad biológica y las reacciones bioquímicas en el suelo.

4.2 Estatus nutricional de las vacas al pastoreo

4.2.1 Demanda de forraje

La demanda de forraje se determinará a partir de la carga animal y sus requerimientos energéticos a partir del comportamiento.

4.2.1.1 Comportamiento animal al pastoreo

La tabla 4, muestra un resumen del presupuesto de actividades en base al comportamiento de las vacas al pastoreo durante tres épocas del año.

Pastoreo

No se han determinado diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las horas del día que el animal destina a esta actividad entre las épocas durante el periodo de evaluación, pero la época seca es la que más tiempo (5.96 horas) dedicaron los animales a pastorear y la época lluviosa fue la que menor tiempo (5.89 horas) destinaron los animales para esta actividad. Durante la época seca la disponibilidad (cantidad y calidad) de forraje es baja por lo que los animales dedican más tiempo a buscar alimento (Tabla 4). Esta actividad no es afectada considerablemente entre las tres épocas por la temperatura ambiental, humedad relativa y

radiación solar ya que se trata de un sistema silvopastoril que disminuye el estrés calórico en los animales.

Tabla 4. Presupuesto de actividades en vaca al pastoreo.

Variable	Seca		Inicio de lluvias		Lluvia		Promedio	
	Horas	%	Horas	%	Horas	%	Horas	%
Pastoreo	5.96 ^a	24.8	5.95 ^a	24.8	5.89 ^a	24.5	5.93	24.7
Rumia	8.53 ^a	35.5	6.85 ^b	28.5	7.68 ^a	32.0	7.69	32.0
Caminata	2.41 ^a	10.0	2.46 ^a	10.3	2.32 ^a	9.7	2.40	10.0
Descanso (total)	6.87	28.6	8.37	34.9	7.64	31.8	7.63	31.8
<i>Parada</i>	4.41 ^a	18.4	4.83 ^a	20.1	4.38 ^a	18.3	4.54	18.9
<i>Sentada</i>	2.46 ^a	10.3	3.54 ^b	14.8	3.26 ^b	13.6	3.09	12.9
Otros	0.23 ^a	1.0	0.37 ^a	1.5	0.47 ^a	2.0	0.36	1.5
TOTAL	24.0	100.0	24.0	100.0	24.0	100.0	24.0	100.0

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

En promedio las vacas dedicaron a esta actividad 5.93 horas, resultados inferiores a los reportados por Hodgson (1994) en la que menciona que el pastoreo ocupa de 7 a 11 h por día y éste se presenta en dos períodos uno al amanecer y otro al atardecer, aunque el autor no menciona la especie forrajera ni las condiciones ambientales en las que realizó el estudio.

Por otro lado, los resultados encontrados se acercan a los rangos mencionados por Di Marco y Aello (2002) que afirman que el tiempo de pastoreo diario de un vacuno, varía entre 6 a 10 h diarias y Bignoli (1971) para pastoreo de vacas en climas tropicales menciona que los animales dedican entre 6.5 a 9.3 horas diarias.

Se observó que temprano en la mañana, cuando las condiciones ambientales son más frescas, las vacas pastoreaban inmediatamente después de su ingreso al potrero. Los datos encontrados en este estudio no coinciden con los reportados por Cruz (2004) a 4350 msnm, con vacas Brown Swiss x criollo con 8.5 horas dedicadas a esta actividad ya que las

condiciones ambientales en trópico donde se desarrolló este estudio son diferentes (mayor temperatura) y los animales se manejan bajo un sistema silvopastoril.

Este comportamiento del pastoreo de los animales se debería a las condiciones de bienestar animal causado por la temperatura, humedad relativa y radiación solar, que afectan la conducta ingestiva, el mantenimiento de la temperatura corporal y la ingestión de forraje. Los animales concentran las actividades de pastoreo en las horas más frescas y la de rumia en las horas más calurosas (Suárez *et al.*, 2011).

En condiciones altoandinas las vacas dedican más tiempo del día a pastorear 42.5 por ciento (Ruiz, 2001) y 33.3 por ciento (Cruz, 2004) que en condiciones de este estudio en trópico (24.7 por ciento), debido a las características de la pastura y a las condiciones ambientales diferentes. El trópico se caracteriza por altas temperaturas y en combinación con radiaciones mayores aumentan la carga calórica sobre el animal pastoreando, lo que condiciona el pastoreo durante las primeras horas de la mañana, últimas horas de la tarde y en la noche.

Rumia

Existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el tiempo dedicado para esta actividad, siendo la época seca la de mayor tiempo (8.53 horas), seguida de la época lluviosa (7.68 horas) e inicio de lluvia (6.85 horas), (Tabla 4).

Este comportamiento se debe principalmente a que en la época seca la vaca consume un forraje con mayor contenido de pared celular conllevando a un incremento en el tiempo de rumia; mientras que al inicio de lluvias las vacas consumen un forraje verde y suave producto de los rebrotes de la planta; ocupando así menor tiempo de rumia en esta época. El tiempo de rumia es influenciado por la naturaleza de la dieta y parece ser proporcional a la cantidad de pared celular presentes en el forraje (Van Soest, 1996).

En promedio las horas que las vacas dedican a esta actividad es 7.69 horas diarias (Tabla 4), lo cual coincide con lo mencionado por Bignoli (1971) en la que las vacas lecheras en promedio rumian diariamente entre 5.4 a 8.6 horas. Jarillo *et al.* (2007) en trópico mexicano

encontró valores semejantes a los encontrados en este estudio, reportando tiempos de rumia de 6.1 horas diarias cuando evaluó vacas lecheras en *Panicum maximum* var. Mombaza.

Por el contrario, en condiciones frías/templadas a 4350 msnm Cruz (2004) al evaluar vacas Brown Swiss x criollo alimentados con pasturas naturales reportó tiempos similares a los encontrados (8.4 y 6.7 horas) en época seca y lluviosa respectivamente, atribuyéndose las horas al mayor contenido de FDN en la dieta, con 70.9 por ciento en época seca y 67.3 por ciento en la época lluviosa.

Las características físicas y químicas del forraje, afectan algunos aspectos de la fisiología digestiva, como es el caso de la rumia. Welch y Smith (1969) y Van Soest (1992) afirman que existe una tendencia de aumento en los tiempos de rumia, cuando acontece un aumento en los componentes fibrosos de la pared celular de los forrajes, coincidiendo con lo encontrado en este estudio.

Caminata

No se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) entre las épocas evaluadas en horas dedicadas a esta actividad, pero en la época lluviosa las vacas dedicaron menos horas del día (2.32 horas) mientras que en la época de inicio de lluvias dedicaron más tiempo a esta actividad (2.46 horas), (Tabla 4). Sin embargo, debemos considerar que las vacas caminaron a mayor velocidad en la época seca (0.04 km/hora) respecto a las otras épocas inicio de lluvias y lluviosa que se comportaron de manera semejante (0.03 km/hora).

En promedio, las vacas dedicaron el 10.0 por ciento del día (2.40 horas) para esta actividad. Estos valores son mayores a los encontrados por Cruz (2004) en condiciones de clima frío (4350 msnm) en las que reporta que las vacas lecheras, dedican el 9.4 por ciento para esta actividad. Por otro lado, las vacas caminaron a razón de 0.9, 0.7 y 0.8 km/día en las épocas seca, inicio de lluvias y lluviosa respectivamente. Este comportamiento se atribuye a que en la época seca existe poca disponibilidad de pasto y los animales se desplazan más para satisfacer sus necesidades. En cambio, en las épocas inicio de lluvias y lluviosa existe mayor disponibilidad de forraje y los animales a su vez se desplazan menos.

Parada

No se han encontrado diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las épocas para esta actividad, sin embargo, al inicio de lluvias los animales invirtieron más tiempo (4.83 horas) seguida de la época seca con 4.41 horas y finalmente la época que menor tiempo invirtieron las vacas fue la lluviosa con 4.38 horas diarias, (Tabla 4). En promedio para esta actividad las vacas dedicaron 4.54 horas al día representando el 18.9 por ciento del día según este estudio, resultados cercanos a los reportados por Ruiz (2001) quien afirma que para esta actividad las vacas Brown Swiss dedican 5.43 horas diarias en condiciones de sierra peruana (4350 msnm).

En sistemas de producción con baja cobertura de árboles, el ganado dedica más tiempo a la rumia y el descanso, lo cual influye directamente en la producción de leche (Betancour *et al.*, 2003). Es por ello la importancia de la sombra que deberían tener los sistemas de producción de ganadería tropical debido a las mayores temperaturas y radiaciones.

Sentada

En la época seca (2.46 horas) las vacas invirtieron menos tiempo a esta actividad que en las otras épocas (3.54 y 3.26 horas en épocas de inicio de lluvias y lluviosa respectivamente), encontrándose diferencias significativas entre sus promedios ($p < 0.05$). Sin embargo, durante las temporadas de inicio de lluvias y lluviosa, no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), (Tabla 4). Estos valores no coinciden con los reportados por Ruiz (2001), quien indica que el máximo tiempo en horas que invirtieron los animales para esta actividad fue 5.1 horas.

En promedio los animales dedican 7.63 horas del día para la actividad de descanso (parada y sentada), representando un 31.8 por ciento del día. Por otro lado, los valores encontrados en este estudio, son inferiores a los encontrados por Bignoli (1971) en la que indica que las vacas dedican a esta actividad un promedio de 9 horas, aunque este mismo autor no menciona el sistema de crianza, la dieta ni el estado fisiológico de los animales en experimentación.

Ruiz (2001), al estudiar el comportamiento de vacas lecheras en pasturas en condiciones de sierra peruana (temperaturas entre 6.3 a 25 °C), encontró que las vacas dedican el 22.6 por ciento de tiempo para el descanso, siendo inferiores a los encontrados en este experimento (31.8 por ciento), además el mismo autor menciona que dicho comportamiento lo realizan cuando las temperaturas son mayores; sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio probablemente se le atribuya a los beneficios que brinda el sistema silvopastoril, ya que los animales descansan mayor tiempo bajo la copa de los árboles.

Otras actividades

Otras actividades involucraron: beber, socializar y defecar, actividades a las que en conjunto las vacas dedican en promedio 1.5 por ciento del día, no encontrándose diferencias significativas ($p>0.05$) entre las épocas evaluadas. Las épocas de evaluación que mayor tiempo invirtieron fueron al inicio de lluvia (0.37 horas) y lluviosa (0.47 horas); esto probablemente se debe a que los animales tienen ambientes más frescos para socializar, sumado al consumo de forraje con más humedad hacen que los animales tiendan a miccionar y defecar heces blandas con más frecuencia, (Tabla 4).

En este estudio se registró un promedio de 0.36 horas/día a lo largo de toda la evaluación. Por su parte, Ruiz (2001) reporta que para estas actividades las vacas Brown Swiss en condiciones de puna (3700 msnm) alimentados con pastos cultivados bajo riego solo dedican 0.23 horas/día. Por otro lado, Cruz (2004) reporta tiempos de 0.25 horas/día dedicadas a estas actividades cuando evaluó vacas Brown Swiss x criollo a una altura de 4350 msnm alimentados con pasturas naturales.

4.2.2 Oferta de forraje

4.2.2.1 Ingesta de forraje

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p<0.01$) entre sus promedios, representando un consumo promedio de forraje de 13.7 kg MS/vaca/día, es decir 2.9 por ciento del peso vivo promedio. Sin embargo, el consumo fue mayor en las épocas inicio de lluvia y lluviosa con valores de 14.87 y 14.62 kg MS/vaca/día respectivamente y menor en

la época seca 11.58 kg MS/vaca/día. Estos valores representan el 3.1, 3.0 y 2.5 por ciento del peso vivo para las épocas inicio de lluvia, lluviosa y seca respectivamente, (Tabla 5).

Tabla 5. Ingesta de forraje en vacunos al pastoreo.

Variable	Seca	Inicio de lluvia	Lluviosa	Promedio
Tamaño de bocado (g/bocado)	0.66 ^a	0.80 ^b	0.81 ^b	0.8
Número de bocados (bocados/minuto)	49.2 ^a	51.8 ^a	51.2 ^a	50.7
Tiempo de pastoreo (minutos/día)	357.6 ^a	357.0 ^a	353.4 ^a	356.0
Consumo de forraje (kg MS/día)	11.58 ^a	14.87 ^b	14.62 ^b	13.7
Consumo de forraje (% de Peso Vivo)	2.5 ^a	3.1 ^b	3.0 ^c	2.9

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

Estos niveles de consumo fueron cercanos a los reportados por Cruz (2004) en condiciones ambientales templadas que indica un 2.35 por ciento del peso vivo. Sin embargo, son ligeramente superiores a los reportados en praderas cultivadas en secano utilizando la metodología de colección total de heces, donde se reporta niveles de consumo promedio de 1.93 por ciento (Flores *et al.*, 2006).

Existen diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en el tamaño de bocados entre las épocas evaluadas, teniendo como promedio 0.8 gr MS/bocado; el mayor valor (0.81 gr MS/bocado) para esta variable se presentó en la época lluviosa. El número de bocados promedio para las vacas fue 50.7 bocados/minuto no existiendo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las épocas evaluadas, siendo esta variable menor (49.2 bocados/minuto) durante la época seca y mayor durante la época de inicio de lluvias (51.8 bocados/min).

La naturaleza selectiva del ganado al pastorear, variaciones en la estructura del pasto, determinado por las especies de las plantas, el estado de madurez de las mismas ante del pastoreo afectan la conducta ingestiva del ganado (Chacon y Stobbs, 1976). Una muestra de este ajuste en el comportamiento es la disminución del tamaño de bocados que para nuestro experimento fue menor durante la época seca en comparación con las otras épocas (inicio de

lluvias y lluviosa), el cual fue compensado con el incremento del número de bocados que fue superior en la época seca.

No se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) en tiempo de pastoreo durante las épocas evaluadas, sin embargo, se obtuvo mayor valor en la época seca (357.6 minutos), (Tabla 5). Estos resultados estuvieron cerca a los rangos reportados por Bignoli (1971) en la que indica que las vacas pastorean entre 390 a 558 minutos; sin embargo, los valores para esta variable son muy inferiores a los reportados por Blaxter (1967) con 420 minutos.

A su vez, Ruiz (2001) en ambientes templados reportaron valores (612 minutos). Por otro lado, Cruz (2004) en condiciones ambientales templadas reportaron valores de 474 minutos en promedio; estos valores son superiores a los encontrados en este estudio debido principalmente a las condiciones ambientales y características del forraje.

Hodgson (1982) menciona que los animales que se encuentran en pasturas tropicales compensan el menor tamaño de bocado por un mayor tiempo de pastoreo. Stobbs y Minson (1980) indican que el consumo total de pastura está determinado por el tiempo gastado en pastorear, número de bocados por unidad de tiempo y tamaño de cada bocado.

Laca *et al.* (1992), determinaron que la altura del pasto es el factor más importante que determina la profundidad del bocado, y que la profundidad del bocado se incrementa significativamente con la altura del pasto, siendo el peso de bocado más sensible a la altura del forraje. Los resultados encontrados en este estudio coinciden con la relación encontrada por el autor mencionado anteriormente, ya que el tamaño del bocado tuvo diferencias altamente significativas entre las épocas lluviosas respecto a la seca, (Tabla 5).

4.3 Composición botánica de la dieta

La composición de las dietas, tuvieron diferencias altamente significativas ($p<0.01$) en todas las variables estudiadas (Tabla 6).

Tabla 6. Composición botánica de la dieta.

Variable (%)	Seca	Inicio de lluvia	Lluvia
Hoja	65.40 ^a	58.20 ^b	75.20 ^c
Tallo	34.60 ^a	41.80 ^b	24.80 ^c
Verde	50.40 ^a	84.60 ^b	88.60 ^b
Seco	49.60 ^a	15.40 ^b	11.40 ^b

(^{a, b, c}) Letras diferentes en cada fila revelan diferencias entre variables ($p < 0.01$).

El caso de la época seca, las dietas tuvieron más hojas secas, ya que los tallos en dicha época son muy gruesos y poco palatables. Estos valores cambian a medida que cambia las condiciones ambientales principalmente el régimen de lluvias (Figura 11).

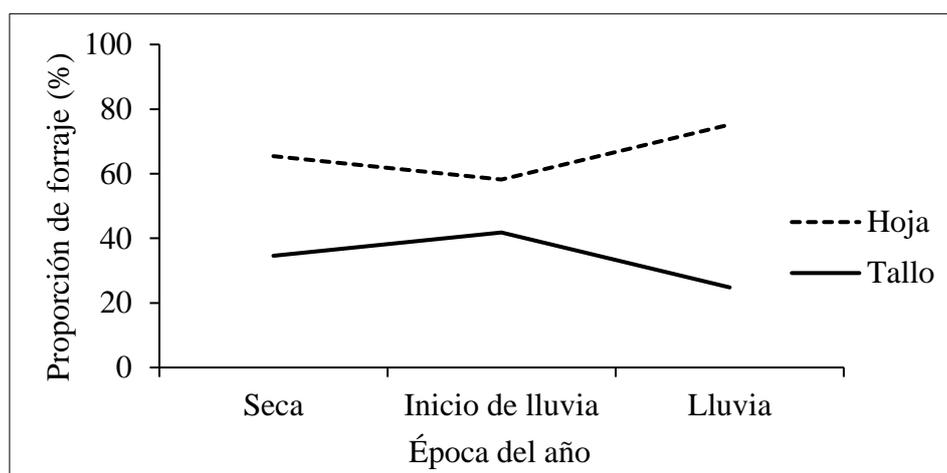


Figura 11. Proporción (%) de hojas y tallos en la dieta de los animales según época.

Durante el inicio de lluvias las vacas eligen mayor cantidad de tallos en relación a las otras épocas, debido que son rebrotes, con tallos suaves y palatables. En la época lluviosa las vacas seleccionan más hojas en relación a otras épocas, debido que son pastos maduros con cañas grandes y gruesas, pero a la vez con buena proporción de hojas en la cual los vacunos prefieren por lo general estas últimas. Durante la época seca, las vacas seleccionan proporciones similares de material verde y senescente de 50 y 45.6 por ciento respectivamente (Figura 12).

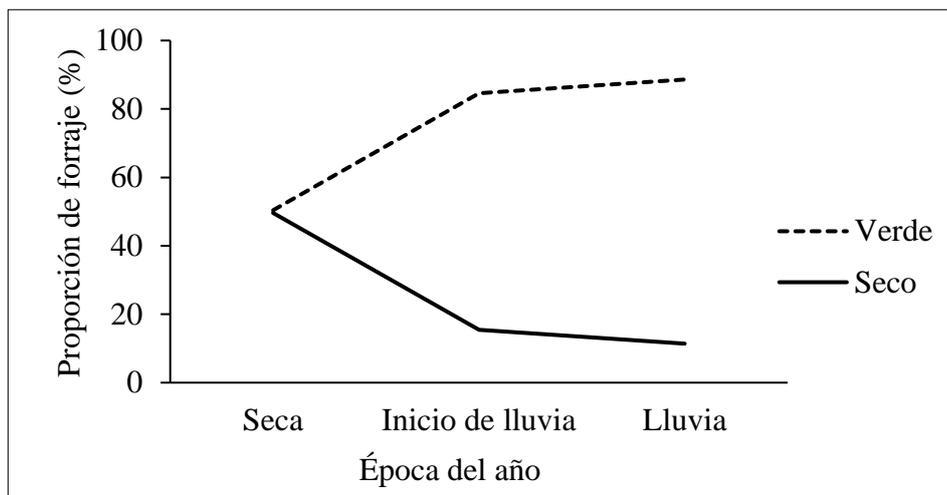


Figura 12. Proporción (%) de verde y senescente en la dieta de los animales según época

Al inicio de lluvias, los vacunos seleccionan más estructuras verdes (84.8 por ciento) que secas (15.20 por ciento). Teniendo el mismo comportamiento en la época lluviosa en la que seleccionan 88.6 por ciento de verde y 11.4 por ciento de seco. Este comportamiento se debe principalmente a la mayor disponibilidad de verde que en otras épocas (Figura 12). A mayor disponibilidad de hoja verde, más selectivo a esta estructura de la planta es el animal.

4.4 Composición Química de la dieta

La tabla 7 muestra los resultados del contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), energía metabolizable (EM), calcio (Ca), y fósforo (P), en la dieta de las vacas para las épocas seca, inicio de lluvias y lluviosa.

Tabla 7. Composición química de la dieta

Variable	Unidad	Seca	Inicio de lluvias	Lluvia	Promedio
PC	%	10.49 ^a	16.64 ^b	13.76 ^c	13.63
FDN	%	79.62 ^a	69.64 ^a	72.85 ^a	74.03
DIVMO	%	24.62 ^a	43.75 ^b	32.68 ^b	33.68
EM	MJ	3.94 ^a	7.00 ^b	5.23 ^a	5.39
Ca	%	0.14 ^a	0.80 ^b	0.29 ^c	0.41
P	%	0.16 ^a	0.19 ^a	0.23 ^a	0.19

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

4.4.1 Proteína cruda

La concentración de proteína cruda durante las tres épocas evaluadas, presentó diferencias significativas ($p < 0.05$), obteniéndose un mayor valor al inicio de lluvias con 16.64 por ciento, y valores menores en la época seca con 10.49 por ciento (Figura 13).

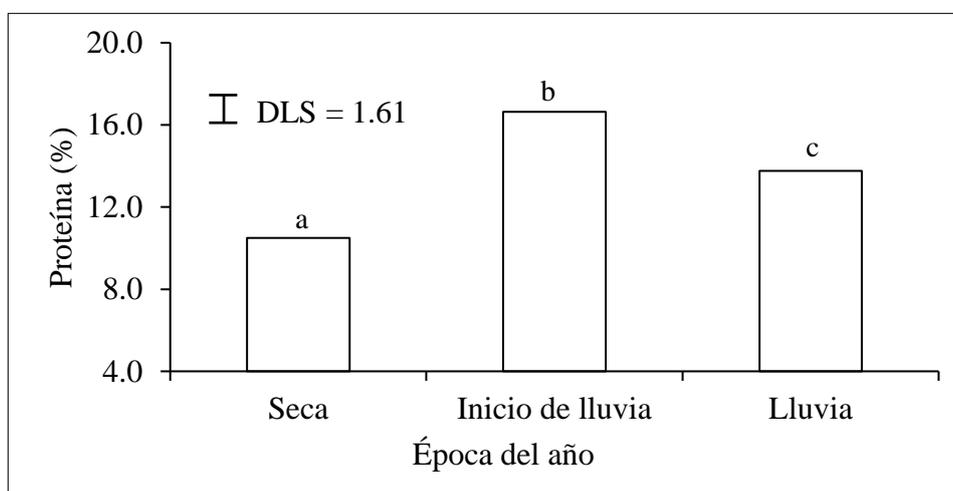


Figura 13. Variación (%) de los niveles de proteína en la dieta

Este comportamiento se debe que al inicio de las lluvias existen mayor cantidad de rebrotes de hojas y tallos suaves y palatables, mientras que la época lluviosa se encontraron estructuras más gruesas y lignificadas debido a la floración y maduración del forraje relacionado al crecimiento acelerado del forraje y rotación lenta de los animales.

Juárez *et al.* (2006) al estudiar el contenido nutricional del *Panicum maximum* var. Tanzania, encontró valores de proteína de 13.3 por ciento a los 40 días después del rebrote. Por su parte Martín (1998), reporta rangos de proteína entre 5.4 y 18.8 por ciento para el *Panicum*.

Baldelomar *et al.* (2004) reportan en *Panicum maximum* valores similares a los encontrados en este estudio, (16.2 por ciento en hojas y 9.8 por ciento en tallos). En otro estudio, Baldelomar *et al.* (2004) encuentra valores de 14 por ciento de proteína a los 20 y 60 días de corte y 11 por ciento a los 100 días de corte en *Panicum maximum* cv Tanzania.

Según la tabla de requerimientos nutricionales del NRC (2001) el requerimiento mínimo de proteína es de 6 por ciento para vacas preñadas con peso de 350 a 650 kg. Posterior al parto este requerimiento se incrementa a 9 a 11 por ciento, dependiendo del nivel de producción láctea.

4.4.2 Fibra detergente neutra (FDN)

El contenido de FDN de las dietas de las vacas en promedio para las tres épocas evaluadas fue de 74.03 por ciento, no habiendo diferencias significativas ($p>0.05$) entre ellas. (Figura 14). Los valores encontrados, guardan relación con lo reportado por Juárez *et al.* (2006) que reporta 67 por ciento de FDN a una edad promedio de 40 días de rebrote en *Panicum maximum* var. Tanzania.

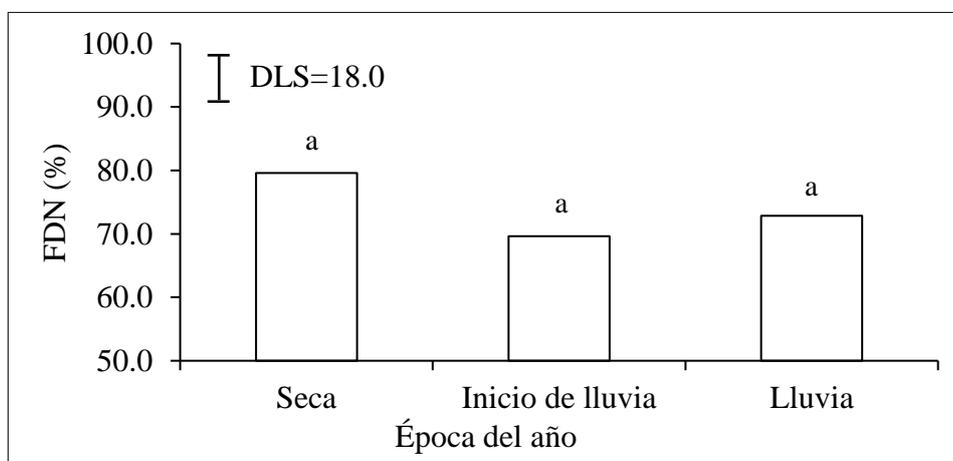


Figura 14. Variación (%) de los niveles de Fibra Detergente Neutra en la dieta

4.4.3 Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO).

La DIVMO de las dietas fueron 24.62, 43.75 y 32.68 por ciento para las épocas seca, inicio de lluvias y lluviosa respectivamente, encontrándose diferencias significativas ($p < 0.05$) entre sus promedios, siendo al igual que la proteína y FDN afectados por las épocas de año (Figura 15).

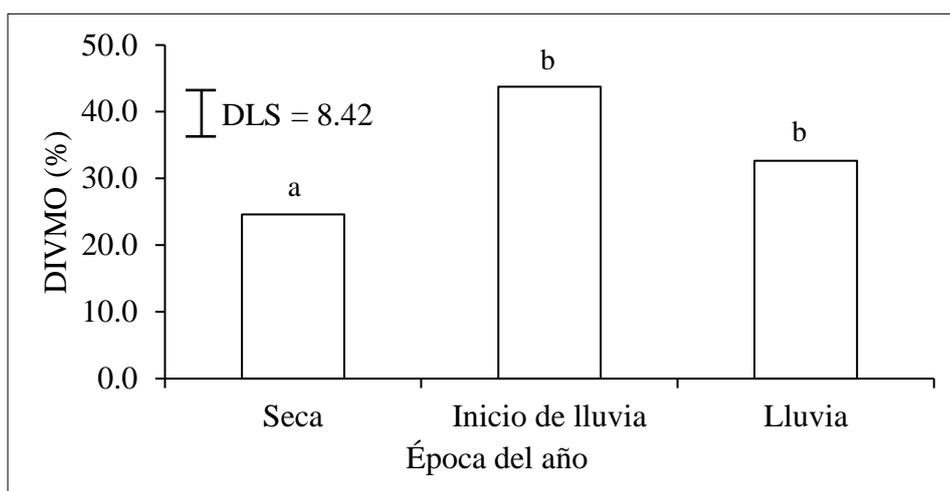


Figura 15. Variación (%) de Digestibilidad *in vitro* de la Materia Orgánica en la dieta

De acuerdo a la caracterización de DIVMO desarrollada por Urnes y Mc Culloch (1983), las dietas encontradas en el presente estudio son de calidad buena (43.75 por ciento) para la época de inicio de lluvias debido al proceso de rebrote del pasto, regular (32.68 por ciento) para la época lluviosa y malo (24.62 por ciento) para la época seca.

Verdecia (2008) con *Panicum maximum* var. Tanzania reporta valores de 53.02 por ciento para la época seca y valores de 58.26 por ciento para la época lluviosa; ambos con periodos de rebrote de 105 días. Gomide *et al.* (1979) reportan en *Panicum maximum*, una abundante producción de hojas (80 por ciento) y una excelente digestibilidad. La digestibilidad de la materia orgánica de los *Panicum* muestra su mejor comportamiento a los 30 días con 68.74 por ciento, disminuyendo a medida que avanza la edad de la pastura a los 105 días, 51.86 por ciento (Verdecia, 2008).

4.4.4 Energía Metabolizable

La energía metabolizable en las tres épocas fue significativamente diferente ($p < 0.05$) con valores de 3.94, 7.00, y 5.23 MJ EM/kg MS en épocas seca, inicio de lluvia y lluviosa respectivamente (Figura 16).

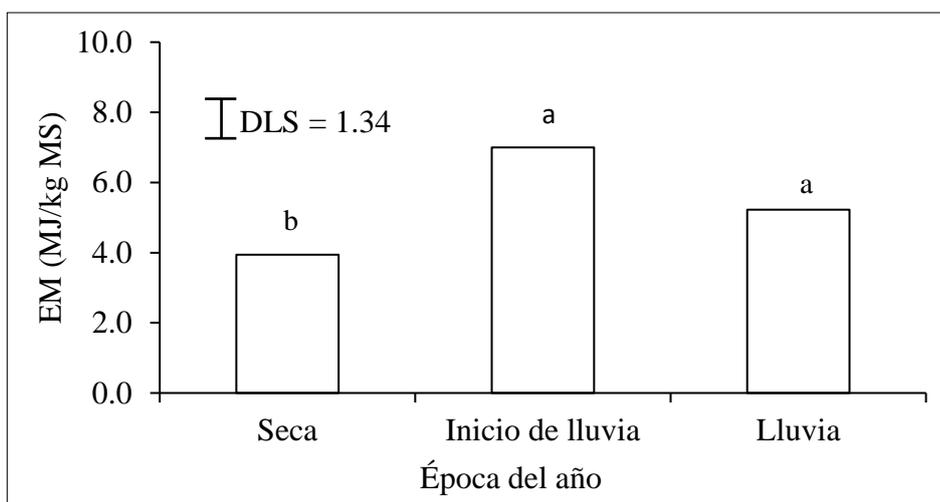


Figura 16. Variación (MJ/kg MS) de los niveles de Energía Metabolizable en la dieta

El valor inferior se manifiesta en la época seca debido a la mayor concentración de tejido fibroso. Estos hallazgos revelan que los niveles de energía en los pastos están muy por debajo de los mínimos requeridos para llevar adelante una producción lechera óptima 10 a 12 MJ EM/kg MS (Geenty y Rattray, 1987). En este estudio, se aproxima a los valores de León *et al.*, (2012) con valores de energía metabolizable de 8.0 MJ/kg MS. Existe un decrecimiento de la energía metabolizable con la edad del forraje, debido a transformaciones químicas y bioquímicas en los componentes de las plantas.

Adicionalmente se puede mencionar que el valor energético de los forrajes depende de la digestibilidad de la materia orgánica, la cual está estrechamente vinculada con la composición de la planta. La pared celular aumenta al envejecer la planta disminuyendo la digestibilidad tanto de la materia seca como orgánica, resultando en una disminución de la energía. La energía metabolizable de los pastos con valores superiores a 8.37 MJ/kg MS se consideran de buena calidad (Verdecia, 2008).

4.4.5 Calcio

Existieron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en los contenidos de calcio en la dieta, siendo el mayor valor en la época de inicio de lluvias (0.80 por ciento), debido principalmente a que son rebrotes tiernos y suaves. El menor valor se registró en la época seca con 0.14 por ciento (figura 17).

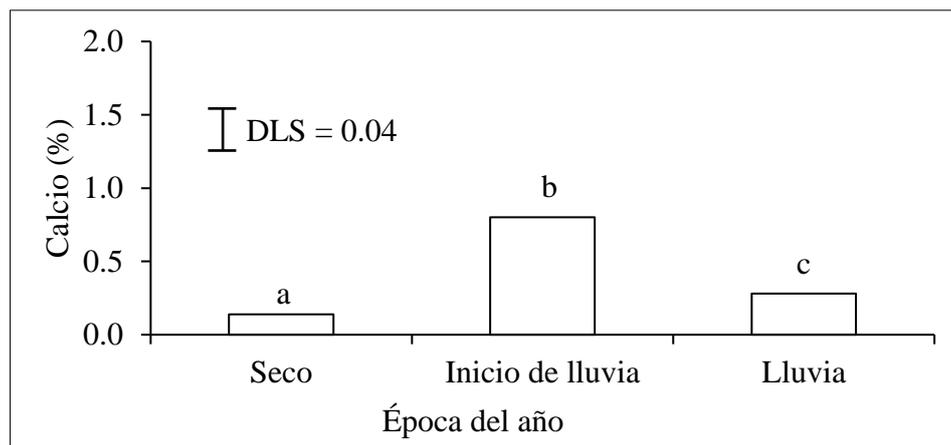


Figura 17. Variación (%) de los niveles de Calcio en la dieta.

En este estudio, los requerimientos de calcio para mantenimiento de las vacas, fueron 27.8, 28.5, y 61.3 g/vaca/día durante las épocas seca, inicio de lluvia y lluviosa, respectivamente (NRC, 1978). Las vacas consumieron solamente 1.62, 11.89 y 4.09 g/vaca/día respectivamente y se puede apreciar que el forraje no cubre los requerimientos de calcio en las tres épocas debido a su calidad (0.8 por ciento), lo cual se debería complementar con otras fuentes.

Lamela *et al.* (1995) y Machado y Olivera (2004) reportan contenidos de calcio en *Panicum maximum* cv. SIH-27 y *Panicum maximum* cv. SIH-127 respectivamente valores de 0.66 y 0.96 por ciento de calcio respectivamente. Del mismo modo Verdecia (2008) reporta en *Panicum maximum* var. Tanzania valores de 0.48 y 0.35 por ciento para épocas poco lluviosa y lluviosa respectivamente, estos valores están por encima de los reportados en este estudio (0.14 y 0.28 por ciento respectivamente). Sin embargo, al promediar los valores encontrados (0.59 por ciento), se demuestra que están por sobre los valores reportados por Homen *et al.* (2010) para la misma especie (0.27 por ciento). Se resalta el hecho de que los valores en

promedio estuvieron por encima del nivel crítico (0.17 por ciento) para la alimentación animal (Minson, 1981).

Los niveles de calcio en el suelo en su forma de carbonato fueron mayores bajo la copa de los árboles (15.25 por ciento), y menores fuera de ella (13.60 por ciento), considerándose niveles moderados (Tabla 1). Este comportamiento se debe a que las raíces profundas de los árboles (*Acacia macracantha*) tienen la capacidad de extraer mayor cantidad de nutrientes del suelo. Para los pastos el calcio es un elemento fundamental para aumentar el pH y es antitóxico, al disminuir los efectos de otros iones. El contenido de calcio en los pastos es muy variable, está determinado por factores como el nivel de estos en el suelo, el manejo de la pradera, la época de corte y el clima, entre otros (Agudelo, 1993). En la época de inicio de lluvia, el *Panicum maximum* Jacq. tuvo mayores niveles de calcio debido a su estado fenológico y moderada presencia en el suelo, que permitieron cubrir los requerimientos de los animales en dicha época.

4.4.6 Fósforo

Existieron ligeras diferencias, pero no fueron significativas ($p>0.05$) en los contenidos de fósforo en la dieta. Sin embargo, el mayor contenido se encontró en la época lluviosa (0.23 por ciento), los valores promedio de fósforo en la dieta fue 0.19 por ciento (Figura 18).

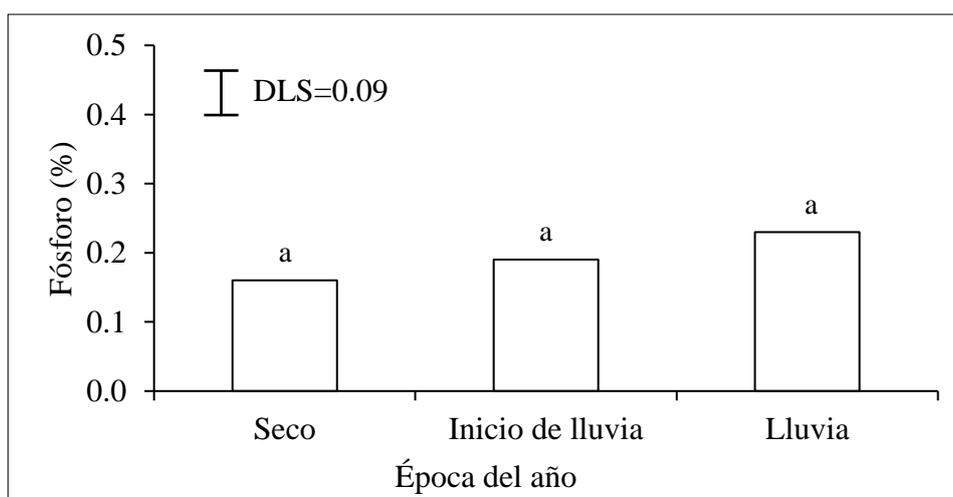


Figura 18. Variación (%) de los niveles de Fósforo en la dieta.

Este comportamiento se debe al estado fenológico de la planta ya que el inicio de rebrote coincide con las tasas de precipitación, similar tendencia encontró Homen *et al.* (2010), al evaluar esta especie, mencionan que los valores más altos de fósforo se encuentran en la época lluviosa en comparación con el período de mínima precipitación (este estudio reporto valores de 0.23 y 0.16 por ciento en época lluviosa y seca respectivamente).

Arriojas y Chacón (1989), señalan una disminución del contenido de P, en la época seca con respecto a la época lluviosa, lo cual se puede explicar, debido a que el agua constituye un vehículo natural para el movimiento de los iones del suelo, actuando en la absorción de este elemento y su disponibilidad en el suelo (Gomide, 1976; Casanova y Eduardo, 2005). Otros autores (Tejos y Rodríguez, 1995; Rodríguez *et al.*, 1996), reportan este mismo comportamiento estacional del fósforo.

Por su parte, Verdecia (2008) al evaluar la misma especie encontró valores de 0.25 y 0.19 por ciento en periodos poco lluvioso y lluvioso respectivamente, Machado y Olivera (2004), reportan valores de 0,12 y 0.22 porciento de fósforo en *Panicum maximum* cv. CTIH-9 y CTIH-6 respetivamente, por su lado Lamela *et al.* (1995) encuentra valores de 0.23 por ciento en promedio anual. En este estudio se reportaron resultados cercanos al valor crítico de 0.18 por ciento (NRC, 2001).

En este estudio, los requerimientos de fósforo para las vacas fueron 20.6, 21.1, y 30.1 g/vaca/día para las épocas seca, inicio de lluvia y lluviosa, respectivamente (NRC, 1978). Las vacas consumen 1.9, 2.8, 3.4 g/vaca/día en las épocas respectivamente y se puede apreciar que el forraje no está cubriendo los requerimientos de fósforo en las vacas, probablemente este comportamiento se debe a los niveles medios de fósforo en el suelo; (Tabla 1).

La disponibilidad de fósforo en el suelo juega un papel fundamental en la producción de forrajes, ya que la deficiencia de este elemento en el suelo provoca una marcada reducción en el crecimiento y calidad del forraje (Quintero y Boschetti, 2001). El fósforo, es indispensable en la etapa inicial de crecimiento de las plantas para estimular el desarrollo de raíces.

Los fertilizantes fosfatados representan una opción para incorporar fósforo a la pradera, ya que éste sirve para reemplazar en el suelo el fósforo exportado por las plantas y para mejorar la fertilidad de los suelos deficientes en este elemento (Fixen, 2003). Cuando se fertiliza, cerca del 95 por ciento de los iones fosfato que llegan a la rizósfera lo hace a través del mecanismo de difusión, esta difusión es conducida por el gradiente de concentración iónica entre la rizósfera y el suelo (Rubio, 2002).

4.5 Requerimiento de energía

Los requerimientos de energía metabolizable para mantenimiento, actividad al pastoreo y producción de leche se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Requerimiento total de energía para vacas al pastoreo (MJ EM/día).

Variable	Seca	Inicio lluvia	Lluvia	Promedio	%
Mantenimiento	67.29	67.72	68.90	67.97	71.5
i. Metabolismo Basal	54.93 ^a	55.97 ^b	56.71 ^b	55.87	58.8
ii. Actividad	12.36	11.75	12.20	12.10	12.7
<i>Pastoreo</i>	6.36 ^a	6.51 ^b	6.55 ^b	6.47	6.8
<i>Rumia</i>	3.95 ^a	3.31 ^b	3.65 ^b	3.64	3.8
<i>Parada</i>	1.02 ^a	1.15 ^b	1.06 ^c	1.08	1.1
<i>Caminata</i>	1.03 ^a	0.78 ^b	0.93 ^c	0.91	1.0
Producción de leche	34.68^a	25.19^b	21.22^c	27.03	28.5
TOTAL	101.97	92.91	90.12	95.00	100.0

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

4.5.1 Requerimiento energético para mantenimiento

4.5.1.1 Metabolismo basal

Existieron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre los promedios de energía para metabolismo basal (Tabla 8) siendo mayor en la época lluviosa (56.71 MJ EM/vaca/día) y menor en la época seca (54.93 MJ EM/vaca/día). Estos resultados se debieron a que las vacas

en la época lluviosa aumentaron de peso debido al estado fisiológico de gestación. En promedio el 58.8 por ciento de la demanda total de energía para mantenimiento lo destinan al metabolismo basal, valores muy cercanos a los reportados por Ruiz (2001) en zonas altoandinas del Perú.

Casas (1979) al estudiar vacas Brown Swiss, determinó requerimientos de energía para metabolismo basal mayores en la época lluviosa (febrero a abril) referente a la época seca; coincidiendo el comportamiento con lo encontrado en este estudio. Por otro lado, Ruiz (2001) en condiciones templadas (4350 msnm) encontró valores similares en vacas Brown Swiss al reportar diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las épocas seca y lluviosa, reportando mayores requerimientos en esta última.

4.5.1.2 Actividades

Pastoreo: Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los requerimientos energéticos para esta actividad; los mayores valores en las épocas inicio de lluvias (6.51 MJ EM/vaca/día) y lluviosa (6.55 MJ EM/vaca/día) y menor requerimiento en la época seca (6.36 MJ/vaca/día) siendo estos valores inferiores a los reportados por Ruiz (2001) al evaluar vacas al pastoreo en zonas altoandinas del Perú (9.81 MJ EM/vaca/día). Este comportamiento se debe principalmente a que los animales subieron de peso considerablemente en estas dos épocas.

Rumia: Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en los requerimientos energéticos para esta actividad, cabe recalcar que el mayor valor (3.95 MJ EM/vaca/día) se presentó en la época seca, debido al mayor tiempo involucrado (8.53 horas) en esta actividad respecto a las otras épocas; los valores encontrados en este estudio, son superiores a los reportados por Ruiz en zonas Altoandinas del Perú (3.2 MJ EM/vaca/día).

Parada: Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre los promedios de requerimientos energéticos para esta actividad, el mayor valor lo presenta la época de inicio de lluvias (1.15 MJ EM/vaca/día) y el menor valor la época seca, debido a que en esta época los animales dedicaron mayor tiempo (4.83 horas), a esto sumado el aumento de peso

respecto a la época seca. En promedio las vacas dedicaron 1.08 MJ EM/vaca/día para esta actividad, representando el 1.1 por ciento del total de energía requerida para mantenimiento.

Caminata: Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre los promedios de requerimientos energéticos para esta actividad, en tanto el mayor valor se encontró en la época seca (1.03 MJ EM/vaca/día); respecto a las otras dos épocas; este comportamiento se debe principalmente a que las vacas en esta época se desplazan más (0.9 km/día) para conseguir alimento, debido a la poca disponibilidad. Ruiz (2001), reporta valores similares (2.49 MJ EM/vaca/día) a los encontrados en este estudio, aun siendo en condiciones ambientales diferentes, las vacas gastan casi la misma cantidad de energía para caminar.

4.5.2 Requerimiento energético para producción

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre sus promedios de requerimientos para producción de leche. El mayor valor de energía requerida para la producción de leche se presentó en la época seca (34.68 KJ EM/vaca/día); debido directamente a la mayor producción de leche en dicha época (6.8 lt/vaca/día) frente a las otras dos épocas inicio de lluvias (4.9 lt/vaca/día) y lluviosa (4.4 lt/vaca/día). En promedio el gasto de energía para producción significó un 28.5 por ciento del total de energía gastada por el animal. En el fundo, no existe un calendario de partos que permita la producción de leche en la época lluviosa para utilizar eficientemente la buena cantidad de forraje disponible.

Ospino (1970), en la zona selva, determinó que la menor producción diaria de leche se da en los meses de julio y agosto (época seca) y la mayor producción se obtiene en los meses de noviembre y diciembre (época lluviosa) en ganado Brown Swiss; y por ende sus requerimientos energéticos serían mayores en dicha época. Ruiz (2001) al realizar evaluaciones a 3700 msnm con vacas Brown Swiss, reporta que los animales gastan mayor cantidad de energía en la época lluviosa, en comparación con la época seca, en este estudio este comportamiento similar se debió básicamente al mayor nivel de producción registrado en la época seca.

En la primera fase de la curva de lactancia, la vaca se encuentra en un déficit de energía del alimento, porque cubre durante los 4 meses con la energía de su cuerpo, en consecuencia, baja de peso debiendo recuperarse durante el periodo de seca paralelo a la última etapa de gestación (Di Marco y Aello, 2002).

4.5.3 Requerimiento energético total

El requerimiento energético total (mantenimiento, metabolismo basal, actividades y producción), fue mayor en la época seca, seguida de la época de inicio de lluvias con valores de 101.97 y 92.91 MJ EM/vaca/día respectivamente; esto se debe a que en la época seca los animales tienen la mayor producción de leche (6.8 lt/vaca/día), haciendo que los requerimientos sean mayores.

En promedio las vacas necesitan 95.0 MJ EM/vaca/día, siendo valores muy cercanos a los reportados por NRC (1978) y Ruiz (2001) promedios de 100.0 MJ EM/vaca/día y 102.5 MJ EM/vaca/día respectivamente. El animal que está pastando, tiene un gasto de energía adicional al del animal en corrales estabulados, siendo este gasto, el de caminar y el de arrancar el forraje (Di Marco y Aello, 2002).

El NRC (2001) recomienda adicionar un 30 por ciento a los requerimientos de mantenimiento para compensar gastos energéticos que conllevan pastorear. El requerimiento de energía metabolizable para mantenimiento en rumiantes al pastoreo no es constante y puede variar con el tamaño, estado fisiológico, edad, calidad de la dieta, disponibilidad de la pastura, fisiología del terreno y clima local (Geenty y Rattray 1987). En este estudio si consideramos la indicación del NRC, las actividades que realizan las vacas representan el 18 por ciento del gasto por mantenimiento.

4.6 Balance energético

El consumo de energía metabolizable varía en función a las épocas del año y ésta a la vez depende de la demanda de los animales (Tabla 8). Existen dos épocas (seca y lluviosa) que muestran un déficit de energía (-56.4 y -13.7 MJ EM/vaca/día respectivamente) esto debido

a que en dichas épocas existen pastos de menor calidad (3.94 y 5.23 MJ EM/kg MS en la época seca y lluviosa respectivamente) a esto se suma la mayor necesidad energética de los animales (Tabla 9).

Tabla 9. Balance energético para vacas al pastoreo.

Variable	Seca	Inicio de lluvias	Lluviosa	Promedio
Oferta consumida (MJ EM/día)	45.6	104.1	76.4	75.4
Demanda requerida (MJ EM/día)	102.0	92.9	90.1	95.0
Balance (MJ EM/día)	-56.4	11.2	-13.7	-19.6

El déficit de energía en la época lluviosa se atribuye al deficiente manejo de los animales en la Unidad Agropecuaria, estos no tienen un sistema de pastoreo adecuado (rotacional y de alta frecuencia) sumado la baja presión de pastoreo y las características de crecimiento (alta tasa de crecimiento) del forraje, ya que los pastos maduran rápidamente y son menos aprovechables. La madurez del forraje está asociada con los niveles bajos de digestibilidad de la materia seca y reducciones en el consumo de energía debido a que la pared celular limita el consumo de forraje (Van Soest, 1985).

Los resultados coinciden con los reportados por Cruz (2004) en la época seca cuando al evaluar vacas Brown Swiss x criollas, reporta un déficit energético en dicha época y un excedente energético en la época lluviosa, pero con un buen sistema de manejo y rotación de potreros. En promedio los datos encontrados en este estudio indican que los pastos por sí solos no cubren los requerimientos de los animales ya que presentan un déficit de -19.6 MJ EM/vaca/día (Figura 19). Dichos resultados se deben tomar en consideración para realizar algunas estrategias de suplementación principalmente en la época seca y manejo de potreros en la época lluviosa.

La figura 19, muestra el comportamiento de la calidad energética de forraje y la demanda energética de los animales en las tres épocas evaluadas, se aprecia que en la época de inicio de lluvias este balance se hace positivo debido a la calidad de forraje (rebrotos) para luego descender a un estado negativo en la época lluviosa debido a la sobre maduración del forraje.

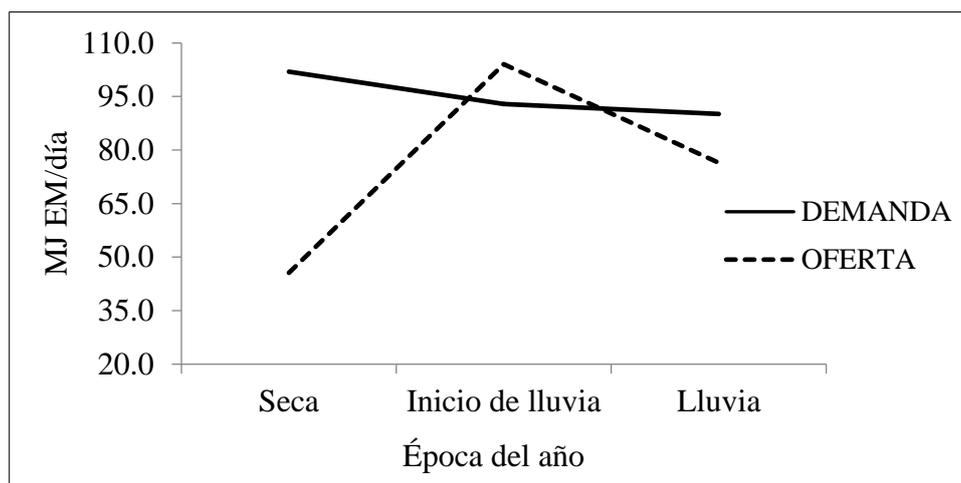


Figura 19. Balance energético para la Unidad Agropecuaria (MJ EM/día).

4.7 Perfil alimentario

La Unidad Agropecuaria cuenta con 54 has de pastura única (*Panicum maximum* Jacq.) de las cuales se evaluaron 41.9 has.

Oferta de forraje: Producción promedio periodo, 5991.36 kg MS/ha con el siguiente patrón de crecimiento:

	Seca (Junio-Septiembre)	Inicio (Octubre-Enero)	Lluvia (Febrero-Marzo)
Crecimiento, kg MS/ha/día	8.16	18.42	46.28

Vacas en producción: 25

Área de la Unidad Agropecuaria evaluada: 41.9 has

Peso vivo promedio: 474.00 kg

Producción de leche: 1682.7 litros/periodo

Producción promedio de grasa de leche: 2.87 por ciento

Sistema propuesto: Hato lechero que produce: 48.35 Kg de grasa de leche/vaca/año

Requerimientos de Kg de materia seca de forraje/Kg grasa de leche:

4103.72 Kg MS/vaca/periodo entre 48.35 Kg de grasa/vaca/año = 84.88 Kg MS/Kg grasa de leche.

Carga animal: 5991.36 kg MS/ha/periodo entre 4103.72 kg MS/vaca/periodo = 1.5 vacas/ha.

El perfil alimentario determino una carga de 1.5 vacas/ha un balance positivo (+1470.91 kg MS/ha) entre la oferta y la demanda solo en la época lluviosa debido a la mayor tasa de crecimiento de forraje.

La utilización de forraje fue 55.84 por ciento para la época seca debido a la poca disponibilidad de forraje y baja calidad, motivo por el cual no cubría los requerimientos energéticos de las vacas. Por otro lado, el menor porcentaje de utilización de la pastura fue 12.0 por ciento en la época lluviosa debido a la buena disponibilidad de forraje y las altas tasas de crecimiento.

La utilización promedio de forraje fue 38.6 por ciento (Tabla 10), considerándose un nivel de uso bajo, resultando en sub utilización de la pastura, coincidiendo con Ñaupari (2000), al estudiar el grado de uso de pasturas asociadas (*Lolium perenne* y *Trifolium repens*) reporta que los meses lluviosos y poco lluviosos, las vacas lecheras llegaron a utilizar desde 19.10 hasta 30.9 por ciento respectivamente, lo cual indica que la pastura estaba siendo sub utilizada. Ávalos (1999) reportó una sub utilización en el rango de 30 a 36 por ciento.

Tabla 10. Perfil alimentario para la Unidad Agropecuaria (Situación actual).

Variable	Seca	Inicio de lluvia	Lluvia
Producción de leche, kg/vaca/día	6.80	4.94	4.16
Producción de grasa de leche, kg/vaca/día	0.20	0.13	0.13
Requerimientos energéticos, MJ EM /vaca/día	101.97	92.91	107.33
VEF del forraje, MJ EM/Kg MS	3.94	7.00	5.23
Asignación de forraje Kg MS/Vaca/día	11.58	14.87	14.62
Carga animal propuesta, vaca/ha	1.5	1.5	1.5
Demanda de hato lechero, kg MS/ha/día	16.90	21.71	21.34
Tasa de crecimiento de forraje, kg MS/ha/día	8.16	18.42	46.28
Cambio en disponibilidad de forraje, kg MS/ha	-1066.16	-404.75	1470.91
Disponibilidad al inicio de época, kg MS/ha	2696.86	4023.29	7764.29
Disponibilidad más crecimiento, kg MS/ha	3692.73	6288.51	10494.55
Disponibilidad al final de la época, kg MS/ha	1630.69	3618.54	9235.20
Utilización, (%)	55.84	42.46	12.00

La Unidad Agropecuaria está sub utilizando la pastura, ya que Loayza (2008) al estudiar *Panicum maximum* bajo riego, con toretes y vaquillas con sistemas de pastoreo rotativo diarios, concluye que la mayor eficiencia de uso es de 87,66 y 87,04 por ciento respectivamente; esto se debe a la mayor presión de pastoreo que induce una disminución en la selectividad de los animales ocasionando un consumo más homogéneo. Se entiende por utilización eficiente de un forraje a un alto grado de consumo del forraje producido (Mares, 1984).

Rodríguez *et al.* (1996) menciona que la implementación de un sistema de pastoreo rotativo permite aumentar la cantidad de materia seca consumida por superficie, es decir, se utiliza más eficientemente el forraje mediante el manejo del tiempo de permanencia en cada potrero y del descanso.

Hodgson (1990), citado por Ortiz y Silva (2006) manifiesta que en general a medida que aumenta la carga por unidad de superficie disminuye la asignación diaria de forraje por animal y el consumo individual, pero se incrementa el porcentaje de utilización de la pastura, ya que el consumo del hato aumenta.

Existe un período de déficit donde la demanda excede a la oferta (Figura 20). Esta situación nos sugiere hacer un balance de la oferta y demanda dentro de los periodos de abundancia y deficiencia a fin de realizar una mejor planificación de la alimentación.

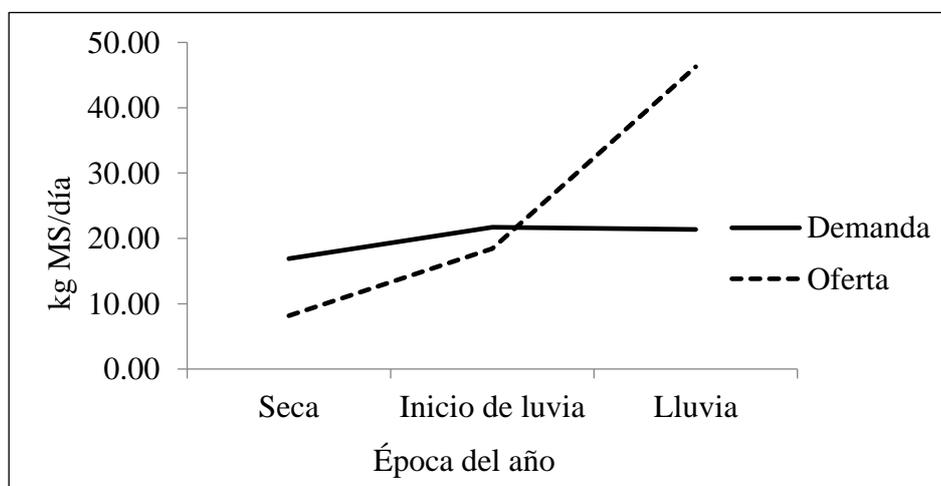


Figura 20. Balance entre oferta y demanda de forraje

4.8 Plan de pastoreo

Los parámetros productivos y de consumo de la Unidad Agropecuaria estudiada se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Parámetros productivos y de consumo de la Unidad Agropecuaria.

Parámetro	Seca
Asignación de pasto (Kg MS/vaca/día)	11.60
Crecimiento promedio de pasto (Kg/MS/ha/día)	8.16
Disponibilidad Promedio de pasto (kg MS/ha)	2696.9
Área (Ha)	41.9
Carga recomendada (UA)	2.0
Número de vacas/potrero	84
Residuo (kg MS/ha)	1500.0

La disponibilidad (kg MS/ha) de forraje y la asignación de forraje (kg MS/día) provienen del perfil alimentario (Tabla 10). La carga (UA) recomendada por CIAT (2000) se multiplicó por el área total de pastizal para obtener el número de animales por potrero.

El forraje residual (kg MS/ha) post pastoreo se estimó en función a la producción de forraje en esta época, considerando un residual apropiado (56 por ciento) para garantizar el rebrote del pastizal ya que el efecto de la intensidad de defoliación sobre la capacidad de rebrote en esta especie de crecimiento erecto es más crítico comparado con las de crecimiento rastrero o estolonífero (Pezo *et al.*, 1992).

Los datos de Machado (2012) coinciden con los reportados por Loayza (2008) en la que recomienda los sistemas de pastoreo deben ser rotativo y de frecuencia diaria, llegando a dejar como residual mínimo 13 por ciento. En términos generales, a medida que aumenta la intensidad de defoliación (menor índice de área foliar residual) disminuye la capacidad de rebrote de las pasturas (Ibrahim, 1999).

Lucas *et al.* (2004), mencionan que un pastoreo liviano que no ejerce efectos negativos sobre el ecosistema de pastizal está en los rangos de 20 a 30 por ciento de uso; sin embargo, entre 40 y 50 por ciento de uso ya se considera un pastoreo moderado. Según esta clasificación, el plan de pastoreo que se desea implementar en la Unidad Agropecuaria en la época seca, se estaría practicando un pastoreo casi dentro de la clasificación de pastoreo moderado (55.6 por ciento de uso promedio).

En la tabla 12, se observa que los potreros 2 y 6, eventualmente estarán siendo excluidos del pastoreo debido que son los que tuvieron menor cantidad de forraje disponible (kg MS/ha) en ésta la época. Por otro lado, existen dos potreros (8 y 11) con la capacidad de poder soportar al menos 1 día de pastoreo del hato debido a la baja disponibilidad de forraje.

El potrero 14 es el que más tiempo de pastoreo soporta (12 días), por tener una buena disponibilidad (3934 kg MS/ha) y crecimiento (9.5 kg MS/ha) respecto a los demás potreros. La tasa de crecimiento se acumula mientras se pastorean los potreros anteriores. El CIAT (2000) menciona que los *Panicum* soportan el pastoreo intensivo, pero solo con el mantenimiento de la fertilidad del suelo, además responde bien a fertilización; recomendando retirar los animales de la pastura cuando el forraje residual alcance 20 cm de altura.

Ñaupari y Flores (1996) determinan en la zona altoandina bajo el uso de pasturas asociadas (ryegrass y trébol) con potreros de 2.4 ha, podían pastorear 6.6 vacas/ha por 3 días consecutivos, en el mes de enero (periodo lluvioso) cuando los potreros tenían 4440 kg MS/ha de forraje disponible y dejando 3300 kg MS/ha como forraje residual. Loayza (2008) al evaluar *Panicum maximum* Jacq., en el periodo seco con toretes y vaquillas, llegaron a utilizar 87.66 y 87.04 por ciento de la pastura con cargas de 2.56 y 2.31 UA respectivamente con pastoreos rotacionales. Según De León (2003) este sistema permite mantener capacidades de carga alta, obligando al ganado a consumir la mayor parte de forraje.

Tabla 12. Plan de pastoreo para la época seca de la Unidad Agropecuaria San Antonio (Método Residual).

Potrero	Área Ha	Disponibilidad kg MS/ha	Crecimiento kg MS/día	Crecimiento	Disponibilidad	Residual Kg MS/ha	Días	Fecha Ingreso	Fecha Salida
				Acumulado Kg MS/ha	más crecimiento Kg MS/ha				
1	5.3	2377	3.81		2377	1500	5	01-jul	05-jul
2	5.1	1527	5.71	27.34	1554.34	1500	0	05-jul	06-jul
3	1.9	3340	4.76	24.15	3364.15	1500	4	06-jul	09-jul
4	1.9	4091	5.81	50.67	4141.67	1500	5	09-jul	14-jul
5	2.2	2372	8.57	119.05	2491.05	1500	2	14-jul	17-jul
6	1.7	1548	7.73	124.74	1672.74	1500	0	17-jul	17-jul
7	1.4	3771	10.57	173.77	3944.77	1500	4	17-jul	20-jul
8	2.9	1670	6.67	133.17	1803.17	1500	1	20-jul	21-jul
9	5.5	2773	7.80	162.79	2935.79	1500	8	21-jul	30-jul
10	1.5	4233	12.38	359.08	4592.08	1500	5	30-jul	03-ago
11	1.8	1683	10.48	354.04	2037.04	1500	1	03-ago	04-ago
12	5.1	2098	8.57	298.05	2396.05	1500	5	04-ago	09-ago
13	1.5	2339	11.9	469.88	2808.88	1500	2	09-ago	11-ago
14	4.1	3934	9.52	395.15	4329.15	1500	12	11-ago	23-ago

Se debe considerar para este plan de pastoreo que la rotación de potreros debe seguir el orden ascendente (potrero 1 al 14)

$$\text{Días} = \frac{(2377 - 1500) \text{ kg MS/ha} \times 5.3 \text{ has}}{84 \text{ vacas} \times 11.60 \text{ kg MS/vaca/día}} = 5 \text{ días}$$

Galoso (2010) menciona que las variedades medianas de los *Panicum maximum* son 59.2 por ciento más eficientemente utilizadas que las de porte alto, muy aparte de la categoría de animales (vacunos y/o búfalos) que lo pastoreen. A su vez, Machado (2012) menciona que las variedades medianas de *Panicum maximum* al presentar un 10 por ciento más de hojas, son 22 por ciento más eficientemente utilizadas que las de variedad gigante. Por su parte Machado (2012) al evaluar vacas en lactación en suelos de mediana fertilidad, determinó un 54.8 por ciento de utilización, en *Panicum maximum* var. Mediano (CIH-22), cuando la pastura presenta un 80.7 por ciento de hojas; este indicador, determina una mayor densidad del pasto, lo que favorece el consumo por parte de los animales.

V. CONCLUSIONES

1. La tasa de crecimiento de forraje y disponibilidad de forraje del *Panicum maximum* Jacq. se incrementa con la presencia de lluvias, lo que sugiere una mayor oferta de forraje durante este período.
2. Los requerimientos de energía de las vacas disminuyeron en la época lluviosa, debido a la menor producción de leche, siendo el gasto energético promedio por actividad del pastoreo alrededor de 18 por ciento de la energía de mantenimiento.
3. El valor energético de la dieta mejoró con la presencia de lluvias, sin embargo, estos valores estuvieron debajo del nivel óptimo para producción de leche (10 - 12 MJ EM/Kg MS).
4. El perfil alimentario resultó en una carga de 1.5 UA/ha, valor considerado bajo ya que está por debajo de la capacidad de esta pastura (*Panicum maximum* Jacq.).
5. El plan de pastoreo solo funcionó para las épocas inicio de lluvias y lluviosa, sin embargo, para la época seca no todos los potreros pueden ser pastoreados debido a la baja disponibilidad de forraje y forraje residual adecuado para el siguiente período de pastoreo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Monitorear las tasas de crecimiento mensual a lo largo del año para obtener con mayor precisión la producción de forraje de *Panicum maximum* Jacq. en la zona de ceja de selva peruana.
2. Establecer calendario de manejo para hacer coincidir el inicio de producción de leche con el inicio del período de lluvias y obtener una mayor producción y calidad de forraje.
3. Evaluar mecanismos para mejorar el contenido de energía de la dieta de vacas para una mayor producción de leche, que aseguren el mayor consumo de material con mayor digestibilidad y niveles adecuados de forraje residual.
4. Evaluar niveles de uso de *Panicum maximum* Jacq. que permitan establecer niveles adecuados de disponibilidad de forraje y energía para la formulación de perfiles y planes de pastoreo.
5. Se recomienda la fertilización fosforada para mejorar los niveles de fósforo disponible en la dieta de los animales.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Abreu, M. 2000. Forrajes y su relación con la alimentación y comportamiento animal. C. I. El triunfo. Balacan. Tabasco. México. Consultado 02 de marzo del 2012. Disponible: www.altavista.com/comportamiento/animalvacaslecheras.

Acevedo, S. 2007. Aluminio, un indicador de calidad ambiental en suelos de carga variable. Tesis para obtener el grado de doctor en Química. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

Agudelo, R. 1996. Tratamiento de lixiviados producidos en el relleno sanitario Curve de Rodas de la ciudad de Medellín utilizando reactores UASB y filtros anaerobios FAFA, IV Seminario-Taller Latinoamericano sobre tratamiento anaerobio de aguas residuales, Bucalamanga, Colombia.

AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 2001. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. 4.2.11 AOAC Official Method 2001.11. Consultado 16 enero de 2014. Disponible: <http://www.freedocumentsearch.com/pdf/aoac-official-method-976.06-rotein.html>.

AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 2000. Official Methods of Analysis. 18th edition. Consultado 16 enero de 2014. Disponible en: http://ebookey.org/Official-Methods-of-Analysis-of-AOAC-INTERNATIONAL-18th-Edition_183518.html.

Alais, C. 1994. Ciencia de la leche. Principios de Técnica Lechera. Editorial Continental. S.A. Barcelona. España. 24-28p.

Arriojas, L. y Chacón, E. 1989. Producción de materia seca valor nutritivo y valor alimenticio de las pasturas introducidas en las sabanas venezolanas. IV Cursillo sobre Bovinos de Carne. Facultad de Ciencias Veterinarias UCV. Maracay. 215-231p.

Austin, D., Urnes, P. y Fierro, L. 1983. Spring Livestock grazing affect crested wheatgrass Regrowth and Winter use by Mule deer, *Journal of Range Management*. Vol. 36. 589-593p.

Avendaño, J., Borel, R. y Cubillos, G. 1986. Periodo de descanso y asignación de forraje en la estructura y la utilización de varias especies de una pradera neutralizada. Turrialba. Vol. 36, N° 2. 137-148p. YA.

Baldelomar, Z., Rojas, C. y Cortez, M. 2004. Producción y análisis bromatológico de tres gramíneas tropicales (*Decumbens*, *Panicum maximum*, cv *Tanzania* y cv *Gatton*). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UAGRM. Bolivia.

Betancour, K., Ibrahim, M., Harvey, C. y Vargas, B. 2003. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás. Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. Vol. 10 N° 2, 39-50p.

Bignoli, D. 1971. Comportamiento de los animales al pastoreo. *Dinámica Rural*, Bs, As. Cap. 36. 104-106p.

Blaxter, K. 1967. Nutrition balance techniques and their limitations. *Proc. Nutr. Soc.* 26:86.

Bojórquez, C. 1994. Alimentación del ganado lechero en base a pasturas. UNMSM/IVITA. Huancayo, Perú.

Caceto, U., Machado, O., Martins, N., Pereira, F., Barbosa, F. y Santos, T. 2000. Avaliação da produção e de algumas características da rebrota de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. *Revista Brasileira Zootecnia*. Vol. 29. Cap. 3. 660-668p.

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

Cangiano, C. 1997. Producción animal en pastoreo. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Buenos Aires, Argentina.

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

Cañas, C. 1995. Nutrición y alimentación animal. 1ra edición. Facultad de Agronomía PUCCH. Santiago – Chile.

Carámbula, M. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Editorial Hemisferio Sur. Uruguay.

Carranza, C. y Ledezma, M. 2004. Sistemas silvopastoriles en el Chaco Árido. INTA. Villa Dolores, Córdoba. Argentina. En línea: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210139.pdf>.
Revisado 13/03/2015.

Casanova, O. y Eduardo, F. 2005. Introducción a la ciencia del suelo/ Caracas: U.C.V. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Colección estudios. 482p.

Chailakhyan, M. 1968. Internal Factors of Plant Flowering. Annual Review of Plant Physiology.19: 1-36p.

Chamberlain, A. y Wilkinson, J. 2002. Alimentación de la vaca lechera. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.

Chamorro, D., Roncallo, B., Cipagauta, M., Sanchez, M., Arcos, J., Bonilla, R., Becerra, A., Baquero, L., Zuluaga, J., Buelvas, S., Lanao, S., Torres, E., Carrero, G., Romero, H. y

Vanegas, M. 2002. Los Sistemas Silvopastoriles en la Ganadería Bovina del Trópico Bajo Colombiano. Manual Técnico. Colombia. Cap. 1. 6p.

Church, D. 1984. Alimentos y alimentación del ganado. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S. R. L. Uruguay.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) 2000. *Panicum maximum*. Consultado 20 enero del 2012. En línea: <http://ciat.cgiar.org/es/>. Brasil.

Correa, J., Ramírez, J. y Mercado, K. 2003. Pasto Maralfalfa: mitos y realidades. en: Departamento de producción Animal, Universidad Nacional de Colombia. Consultado: junio de 2013. Disponible: www.agro.unalmed.edu.co/departamentos/panimal/docs.pdf.

Crespo, G. 1999. Significado de la hojarasca en el reciclaje de nutrientes en los pastizales permanentes. Rev. Cubana Ciencia Agrícola. 33-349p.

Cruz, J. 2004. Composición de la dieta, consumo e forraje y demanda energética de vacas Brown swiss x Criollo en praderas naturales Altoandinas del Departamento de Pasco. Tesis Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina.

De León, M. 2003. Manejo de los Pastizales Naturales (Primera parte), Revista de 5 de agosto del 2003 – Año I-Nº 2. INTA Madefri. Argentina.

Di Marco, N. y Aello, S. 2002. Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo y su efecto en la producción. En: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), www.anterior.inta.gob.ar; consultado: diciembre de 2012.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria). 2000. Consultado el 20 de marzo del 2014. Disponible: <http://www.embrapa.br/english/research/techno/tanzania.htm>.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2008. [www/fao.org](http://www.fao.org). Fondo Documentario. El proceso de desertificación en las tierras de pastoreo y su reversión.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2005. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. Significado de la porosidad del suelo. Boletín de suelos FAO. Cap. 79.

Fixen, P. 2003. Dinámica del fósforo en el suelo y en el cultivo en relación al manejo de los fertilizantes fosfatados. Consultado 14 de noviembre 2014. Disponible en:

<http://www.inpofos.org/ppiweb/ltamn.nsf/>

Flores, E. 1995. Manejo y evaluación de pastizales, folleto divulgativo, Proyecto TTA. Lima - Perú. 27p.

Flores, E. 1993. Applying the concept of feeding stations to the behavior of cattle grazing variable amounts of available forage. A Thesis of Master of Science. Utah State University.

Flores, E. 1991. Manejo y Utilización de Pastizales. En: Publicación FAO. Avances y Perspectivas del Conocimiento de los Camélidos Sudamericanos. Santiago, Chile.

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. Lima - Perú. 9p.

Funes, F., Yañez, S. y Zambrana, T. 1998. Semillas de pastos y forrajes tropicales. Métodos prácticos para su producción sostenible. Asociación Cubana de Producción Animal. La Habana, Cuba. 138p.

Galoso, M. 2010. Informe final de proyecto: "Evaluación del comportamiento y la selectividad de búfalos de río". Cuba. 42p.

Geenty, G. y Rattray. P.V. (1987). The energy requirements of grazing sheep and cattle. In Livestock Feeding on Pasture. Occasional publication N° 10. 145p.

Giraldo, A. 1996. Papel de la Agroforestería en la Producción Animal y el Medio Ambiente. IN: Memorias Primer Seminario Nacional Agroambiental. El manejo ecológico de la producción y la sanidad agropecuaria. Medellín, agosto 21 al 23 de 1996. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. 51-67p.

Goering, K. y Van Soest. J. 1970. Forage fiber analyses. USDA. Agric. Handbook N°. 379. ARS, USDA, Washington, DC: Harris, L.E. 1970. Nutrition research techniques for domestic and wild animals. Vol. I. Logan, Utah.

Gomide, J., Obeid, A. y Rodríguez, L. 1979. Factores Morfosiológicos de Rebrotado capim – coloriao. *Panicum maximum*. Rev. Soc. Bras. Zoot. 8:352-362p.

Gomide, A. 1976. Mineral composition of grasses and tropical leguminous forages. In: Latin American symposium on mineral nutrition research with grazing ruminants, Belo Horizonte. Proceedings. Gainesville: University of Florida. 32-40p.

Hafez, S. E. 1973. Adaptación de los animales domésticos. 1ra. Edic. Edit. Labor. Barcelona. España. 563p.

Hesketh, D. 1963. Limitations to photosynthesis responsible for differences among species. Crops. Sci. 3:493.

Hodgson, J., Clark, D. y Mitchell, R. 1994. Foraging behaviour in grazing animals and its impact on plant communities. In: Fahey Gc, collins M, Mertens Dr, Moser Le, editores.

Forage quality, evaluation and utilization. Madison, WI: American society of agronomy. 796-827p.

Hodgson, J. 1990. Grazing management. Science into practice. Longman Scientific and Technical Essex. England.

Hodgson, J. 1982. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. En: Hacker, J. B. Editor. Nutritional limits to animal production from pastures. Common wealth Agricultural Bureaux. 153-166p.

Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. Grass and forage Science. 34, 11-48p.

Holdridge, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Ciencias.

Holechek, J., Galt, J., Navarro, G., Kumalo, G., Molinar, F. y Thomas, M. 2003. Moderate and light cattle grazing effects on Chihuahuan Desert Rangelands. Journal of Range Management. Vol. 56. 113-139p.

Homen, M., Entrena, I., Arriojas, L. y Ramia, M. 2010. Biomasa y valor nutritivo del pasto Guinea *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S. W. L. Jacobs. "Gamelote" en diferentes periodos del año en la zona de bosque húmedo tropical, Barlovento, estado Miranda. Zootecnia Tropical. Vol. 28. N° 2. 255-265p. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. Carabobo, Venezuela.

Ibrahim, A. 1999. Response of wart elephant grass (*Pennisetum purpureum schum*) to different frequencies and intensities of grazing in the humid zone of Guapiles, Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad de Costa Rica. CATIE. Tunialba, Costa Rica. 123p.

IPNI (International Plant Nutrition Institute). 2003. Manual de nutrición y fertilización de pastos. 03-18p. Quito, Ecuador.

Jagusch, T. 1973. Livestock Production from pasture. In pastures and pasture plants. A. H. y A. W. Reed. Wellington, New Zealand.

Jarillo, J., Castillo G. y Ramírez, A. 2007. Stocking rate effects on cattle ingestive behavior, leaf availability and botanical composition of native gramma pastures in the humid tropics of México. En: XLI Congreso de la sociedad Internacional para la etología Aplicada. Mérida, México.

Juárez, H., Bolaños, E., Vargas, V. y Medina, P. 2006. Contenido de proteína por unidad de materia seca acumulada en diferentes especies de pastos tropicales. Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano. INIFAP, UV, CP, UACH, ITUG, ITBR y UNAM. Veracruz. 299-320p.

Keith, J., Wrage, F., Robert G., Jack, L. 1993. Technical Note: Inexpensive rain gauges constructed from recyclable 2-liter plastic soft drink bottles. Department of Biology. University of South Dakota.

Korte, C., Chu A. y Field, T. 1987. Pasture production. In.- livestock feeding on pasture. Occasional publication N° 10. 145p.

Laca, A., Ungar, D., Seligman, N., y Demment, W. 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. Grass and Forrage Science, 47. 91-102p.

Lamela, L., Fung, C. y Esparza, R. 1995. Comportamiento del *Panicum maximum* cv. SIH 127 para la producción de leche. Pastos y Forrajes, 18:163p.

León, M., Martínez, S., Pedraza, R., González, C. y Barreto, G. 2012. Correlación entre energía metabolizable calculada y producción de gas in vitro con heces depuestas como inóculo. Centro de Estudios para el Desarrollo de la Producción Animal (CEDEPA),

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey, Rev. Producción Animal. 24 (2):2012. – Cuba.

León, R. 2003. Pastos y Forrajes Producción y Manejo. Primera Edición. Ediciones Científicas Agustín Álvarez A. Quito Ecuador. 251p.

Loayza, J. 2008. “Evaluación del Pasto Saboya (*Panicum maximum* Jacq) en el periodo de mínima precipitación, sometido a tres sistemas de pastoreo, en el acabado de toretes y vaconas charbray, en la hacienda San Antonio”. Tesis para optar al título de ingeniero agropecuario. Ecuador. 58-60p.

Lobo, M. y Diaz, O. 2001. Manual de Agrostología. EUNED, San José, Costa Rica. 176p

Loch, D. 2004. Seed Formation, Development, and Germination in tropical and subtropical species. CAB Int. Wallingford. Oxon, UK.

López, M. y Flores, E. 1991. Introducción al análisis y procesamiento de datos en SAS con aplicación a control productivo de alpacas. Publicación del programa de ovinos y camélidos sudamericanos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.

Lucas, R., Baker, T., Wood, C., Allison C. y Vanleeuwen, D. 2004. Riparian vegetation response to different intensities and seasons of cattle grazing in western New Mexico. Journal of Range Management - in press.

Machado, R. y Olivera, Y. 2004. Evaluación de genotipos mejorados de *Panicum maximum* en condiciones de pastoreo simulado y sombra. Pastos y Forrajes. 24:117.

Machado, R. 2012. Comportamiento de 19 accesiones de *Panicum maximum* Jacq. Bajo condiciones de pastoreo en un suelo de mediana fertilidad. Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, Universidad de Matanzas. Cuba. 204-207p.

Martín, P. 1998. Valor nutritivo de las gramíneas tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Vol. 32. 1-10p.

Martínez, M. 1971. Calibración y comparación de algunos métodos para la determinación de humedad del suelo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Milligan, K., Brookes M. y Thomson. K. 1987. Feed planning on pasture. In: *Livestock feeding in pasture*. Occasional Publication N°10.

Minson, D. 1981. Nutritional differences between tropical and temperate pastures. En: Morley. F.H.M. ed., *Grazing Animal*. Amsterdam, Elsevier Scientific. 143-157p.

Navarro, G. 2013. Química agrícola – Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas. Tercera edición. España. 51-78p.

NRC (National Research Council). 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle Seventh Revised Edition*. Washington D. C. USA.

NRC (National Research Council). 1978. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 5th rev. ed. Washington, DC., USA. National Academy Press. 76p.

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

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

Oscanoa, L. y Flores, E. 1992. Estatus nutricional de proteína, energía, calcio y fósforo de ovinos bajo pastoreo continuo y rotativo en praderas Altoandinas. Boletín técnico. Programa de ovinos y camélidos americanos. Lima – Perú.

Padilla, C. y Flebes, G. 2003. Espartillo (*Sporobolus indicus*, L. Br.) Contribución al estudio de la biología, control y efectos en la degradación de los pastizales. II Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. La Habana, Cuba.

Pezo, D., Romero, F., Ibrahim, M. 1992. Producción, manejo y utilización de pastos tropicales para la producción de leche y carne. Avances en la producción de leche y carne en el trópico Americano. FAO, Oficina regional para la América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 47-98p.

Pirela, F. 2005. Manual de Ganadería Doble Propósito. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Cap. 6. 177p.

Provenza, F. 1992. Mechanisms of learning in diet selection with reference to phytotoxicosis in herbivores. Range Manage. Vol. 45. 3645p. EEUU.

Quintero, C. y Boschetti, N. 2001. Manejo del fósforo en pasturas. Consultado 14 nov. 2014. Disponible: [//www.fertilizar.org.ar/articulos/Manejo/Pasturas.htm](http://www.fertilizar.org.ar/articulos/Manejo/Pasturas.htm).

Ramírez, O., Hernández, A., Carneiro, S., Pérez, J., Francisco, J., Raymuno, A., Guadalupe, J. y Cervantes, A. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. Universidad Autónoma de Guerrero. Revista Técnica Pecuaria. Vol. 47 N° 2. 203-213p. México.

Reinoso, O. y Soto, S. 2006. Cálculo y manejo en pastoreo controlado. Revista Veterinaria Montevideo. Vol. 41. 15-24p. Uruguay.

Rey Obando, M. 2006. Utilización estratégica de biofertilizantes en la producción y calidad de árboles. En: II Curso Intensivo de Silvopastoreo. Colombia-Cuba. 16p.

Rodríguez, M., Sanabria, D., Manrique, U., Fariñas, J. y Rivas, E. 1996. Efecto de cinco niveles de nitrógeno sobre el comportamiento de *Digitaria swazilandensis* Stent en el campo experimental Santa Bárbara, Monagas – Zootécnica Tropical. 14 (2). 133-147p.

Rúa, M. 2008. Pastos de corte para el trópico. Artículo técnico-ganadería de carne, Cultura empresarial ganadera, Colombia. Disponible: <http://www.Engormix.com>.

Rubio, G. 2002. Conectando el fósforo del suelo con la planta. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Editorial: Informaciones Agronómicas del Cono Sur. N° 16. 21p.

Ruiz, E. 2001. Estudio del comportamiento y requerimiento energético de vacas lecheras en pasturas en la sierra central del país. Tesis Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

Rundel, P., Nilson, E., Sharifi, M., Virginia, R., Jarrell, W., Kohl, D. y Shearer, G. 1982. Seasonal dynamics of nitrogen cycling for a *Prosopis woodland* in the sonoran desert, plant and soil. 67. 343-353p.

Sadeghian, J., Rivera, M. y Gómez, E. 1998. Importancia de sistemas de ganadería sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos en los andes de Colombia. Consultado el 28 de octubre del 2014. Disponible: <http://www.fao.org/WAICENT>

Sánchez, P. 1981. Suelos del trópico. Características y manejo. Edit. IICA. San José - Costa Rica.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2012. Consultado el 08 enero del 2013. Disponible: <http://www.senamhi.gob.pe/>

Shearer, J. y Bray, D. 1995. Manteniendo la salud de la ubre y la calidad de la leche durante periodos calurosos. *Hoard is Dairy man (Abstract)*.1 (7): 643.

Sheath, G., Hay, R. y Giles, K. 1992. Managing Pasture for Grazing Animals. En *Livestock Feeding on Pasture*. New Zealand.

Schmidt, M. y Tschardtke, T. 2005. The role of perennial habitats for Central European farmland spiders. *Agriculture Ecosystems and Environment* 105. 235-242p.

Simon, K. y Jacobs, S. W. 2003. *Megathyrus*, a new generic name for *Panicum* subgenus *Megathyrus*. *Rev. Austrobaileya. The Catalogue of New World Grasses*. Vol. 1. 6(3): 571-574p. Brisbane. Australia.

Sollenberger, L. y Burns, J. 2001. Canopy characteristics, ingestive behavior and herbage intake in cultivated tropical grasslands. *Proceedings of the 19th International Grassland Congress*. Sao Paulo. Brasil. Fe ALQ. 321-327p.

Soil Survey Staff, 1970. Selected chapters from the unedited text of the Soil Taxonomy of the National Cooperative Soil Survey: Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 500p.

Stobbs, H. y Minson, J. 1980. En: Church D.C., editor. *Digestive physiology and nutrition of ruminants*. Vol III- Practical nutrition. O y B books Inc. Corvalis, Oregon USA.

Stobbs, H. 1976. Milk production per cow and per hectare from tropical pastures. *Memoria Seminario Internacional de Ganadería Tropical. Producción de forrajes*. Secretaria de Agricultura y Ganadería de México. México.

Stobbs, H. 1973a. The effect of plant structure on the intake of tropical pasture I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 24:809-819p.

Stobbs, H. 1973b. The effect of plant structure on the intake of tropical pasture II. Differences in sward structure, nutritive value, bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Choris gayana* at various stages of growth. Australian Journal of Agriculture Research 24:821-829p.

Suárez, P., Reza, S., Garcia, F., Pastrana, I. y Díaz E. 2011. Comportamiento ingestivo diurno de bovinos de ceba en praderas del pasto Guinea (*Panicum maximum* cv. Mombasa). Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 12(2), 167-174p. Careté, Colombia.

Tejos, M. y Rodríguez, C. 1995. Adaptación de nuevas gramíneas al llano bajo venezolano. Rev. Facultad de Agronomía. (LUZ). 15: 278-282p.

Tilley, M. y Terry, A. 1963. Two Stage Technique for the in vitro Digestion of Forage Crops. Jour Brit. Grass- land Soc. 18:104-111p.

Trujillo, I. y Uriarte, G. 2011. Valor nutritivo de las pasturas. Curso de Nutrición. Facultad de Agronomía. Consultado 15 mayo de 2013. Disponible:
<http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/TEORICOS/Tema 2>.

Urnes, P. y Mcculloch, C. 1983. Nutritional value of seasonal deer diets. Rocky MTn. For. Range Exp. Sta. Spec. Rep. N° 3. For Collins, Colorado.

USDA (United States Department of Agriculture). 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. USA.

Van Soest, J. 1996. Allometry and ecology of feeding behavior and digestive capacity in herbivores: A review. Zoo boil. 15:455-479p.

Van Soest, J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2d. Edition. Cornell University Press. Ithaca and London.

Van Soest, J. 1992. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca, NY: Comstock-Cornell University Press. USA.

Van Soest, J. 1985. Composition, Fiber Quality, and Nutritive Value of Forages. En: Forages the Science of Grassland and Agriculture. Iowa State University Press. Ames. USA.

Verdecia, M.; Ramírez, J. L.; Leonard, I.; García, F. 2008. Potencialidades agroproductivas de dos cultivares de *Panicum maximum* (c.v Mombasa y Uganda) en la provincia Granma (Agroproductive Potentialities of two cultivars of *Panicum maximum* (c.v Mombasa y Uganda) in the Granma. Revista electrónica de Veterinaria. Vol. 10, N°5.

Verdecia, M. 2008. Rendimiento y componentes del valor nutritivo del *Panicum maximum* cv. Tanzania. Revista electrónica de Veterinaria. Vol. IX. N°5.

Villa, G. 1995. Resumen del XX Simposium de Ganadería Tropical – México. 99p.

Wadsworth, J. 1997. Análisis de Sistemas de Producción Animal. (Tomo 1). Las bases conceptuales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 35p.

Waghorn, C. y Barry, N. 1987. Pasture as a Nutrient Source. En Livestock Feedeng on Pasture. 21-38p.

Welch, J. y Smith, A. 1969. Influence of forage quality on rumination time in sheep. J. Dairy.Sci. 28:813p.

Zapata, H. 2004. Química de la acidéz del suelo. Medellín. Colombia. 127p.

Zemmelink, G. 1986. The effects of hot climate on feed quality and intake. World Review of animal production, XXII: 84-88p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Base de datos de temperatura y humedad del suelo

Potrero	Temperatura (°C)			Humedad (%)		
	Seca	Inicio lluvia	lluviosa	Seca	Inicio lluvia	Lluvia
1	34.1	29.4	25.0	11.1	14.0	17.4
2	34.2	27.8	25.0	7.4	9.9	13.1
3	31.7	26.6	24.8	9.7	12.9	19.0
4	32.5	28.7	24.9	10.4	13.1	20.6
5	33.1	27.5	25.0	8.8	13.7	15.3
6	30.6	26.2	25.0	8.2	11.0	14.8
7	30.4	28.6	24.6	11.1	15.2	25.1
8	31.0	31.7	24.3	8.4	13.5	17.3
9	29.2	29.4	24.0	9.7	12.7	17.9
10	30.1	27.7	24.0	11.3	14.1	15.6
11	28.1	29.3	24.5	8.0	11.9	14.2
12	30.1	28.6	24.6	13.8	16.5	23.6
13	30.5	28.6	24.6	11.4	12.2	20.0
14	31.2	28.8	25.0	9.6	10.0	17.9

Anexo 2. Análisis de varianza para la temperatura del suelo

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	301.94	150.97	< 0.001	**
Potrero	13	20.68	1.59	0.5513	NS
Error	26	45.22	1.73		
Total	41	367.84			

NS : No significativo

* : Significativo ($p < 0.05$)

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

Letra	Época	Promedio
a	Seca	31.2
b	Inicio lluvia	28.5
c	Lluvia	24.7
Desviación Estándar		± 3.27

Coefficiente de determinación (R^2)	0.87
Coefficiente de variabilidad (%)	4.69
Promedio ($^{\circ}\text{C}$)	28.12

Anexo 3. Análisis de varianza para la humedad del suelo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	465.45	232.72	< 0.001	**
Potrero	13	176.09	13.55	0.001	*
Error	26	63.45	2.44		
Total	41	704.99			

NS : No significativo

* : Significativo (p<0.05)

** : Altamente significativo (p<0.01)

Letra	Época	Promedio		
a	Seca	9.9	Coefficiente de determinación (R ²)	0.91
b	Inicio lluvia	12.9	Coefficiente de variabilidad (%)	11.48
c	Lluvia	18.0	Promedio (%)	13.6
Desviación Estándar		±4.10		

Anexo 4. Base de datos de crecimiento y disponibilidad de forraje.

Potrero	Crecimiento (kg MS/ha/día)			Disponibilidad (kg Ms/ha)		
	Seca	Inicio lluvia	lluvia	Seca	Inicio lluvia	Lluvia
1	3.81	16.95	54.29	2377.00	3036.00	9000.00
2	5.71	18.43	36.19	1527.00	4060.00	10290.00
3	4.76	17.86	46.67	3340.00	4441.00	6390.00
4	3.81	14.81	47.62	4091.00	7346.00	12030.00
5	8.57	21.95	37.14	2372.00	4608.00	6790.00
6	6.67	15.19	66.67	1548.00	1975.00	10410.00
7	8.57	28.57	36.19	3771.00	3667.00	4570.00
8	6.67	17.24	40.00	1670.00	3548.00	5210.00
9	7.62	14.48	50.48	2773.00	5667.00	6970.00
10	12.38	21.95	65.71	4233.00	5846.00	12600.00
11	10.48	19.95	30.48	1683.00	2334.00	6450.00
12	8.57	20.52	59.05	2098.00	2798.00	8070.00
13	11.90	21.43	46.67	2339.00	3500.00	5270.00
14	9.52	17.19	52.38	3934.00	3500.00	4650.00

Anexo 5. Análisis de varianza para el crecimiento de pasto.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	10887.27	5443.63	<0.001	**
Potrero	13	710.35	54.64	0.5393	NS
Error	26	1530.61	58.87		
Total	41	13128.23			

NS : No significativo

* : Significativo (p<0.05)

** : Altamente significativo (p<0.01)

Letra	Época	Promedio
a	Seca	8.17
a	Inicio lluvia	18.43
b	Lluvia	46.23
Desviación Estándar		±19.69

Coefficiente de determinación (R ²)	0.88
Coefficiente de variabilidad	31.58
Promedio	24.29

Anexo 6. Análisis de varianza para la disponibilidad de forraje.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	193355521.7	96677760.9	<0.001	**
Potrero	13	69913197.8	5377938.3	0.0480	NS
Error	26	65391311.6	2515050.4		
Total	41	328660031.1			

NS : No significativo

* : Significativo (p<0.05)

** : Altamente significativo (p<0.01)

Letra	Época	Promedio
a	Seca	2696.9
b	Inicio lluvia	4023.0
c	Lluvia	7764.3
Desviación Estándar		±2627.8

Coefficiente de determinación (R ²)	0.80
Coefficiente de variabilidad (%)	32.85
Promedio (kg MS/ha)	4828.14

Anexo 7. Base de datos de ingesta de forraje.

Vaca	Ingesta de forraje (kg MS/vaca/día)		
	Seca	Inicio de lluvias	lluviosa
1	11.95	15.43	14.32
2	11.70	15.75	15.00
3	11.45	14.10	15.42
4	11.35	14.27	14.49
5	11.37	14.73	13.80

Anexo 8. Análisis de varianza para consumo de forraje.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	33.589	16.7946	<0.001	**
Vacas	4	1.5307	0.3826	0.3476	NS
Error	8	2.3554	0.2944		
Total	14	37.4753			

NS : No significativo

* : Significativo (p<0.05)

** : Altamente significativo (p<0.01)

Letra	Época	Promedio		
a	Seca	11.56	Coeficiente de determinación (R ²)	0.94
b	Inicio lluvia	14.85	Coeficiente de variabilidad (%)	3.97
b	Lluvia	14.60	Promedio (kg MS/vaca/día)	13.68
Desviación Estándar		±0.34		

Anexo 9. Base de datos de selectividad de dietas.

Época	Vaca	Hoja (%)	Tallo (%)	Verde (%)	Seco (%)
Seca	1	69	31	45	55
	2	72	28	56	44
	3	64	36	49	51
	4	66	34	48	52
	5	56	44	54	46
Inicio lluvia	1	62	38	89	11
	2	55	43	81	17
	3	53	45	81	17
	4	61	39	88	12
	5	59	41	81	19
Lluvia	1	82	18	93	7
	2	74	26	90	10
	3	74	26	87	13
	4	75	25	87	13
	5	71	29	86	14

Anexo 10. Análisis de varianza de selectividad de hojas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	744.40	23.46	0.0005	**
vaca	4	147.07	2.32	0.1449	NS
Error	8	126.93	15.87		
Total	14	1018.40			

NS : No significativo

* : Significativo ($p < 0.05$)

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

Letra	Época	Promedio		
a	Seca	65.40	Coefficiente de determinación (R^2)	0.87
b	Inicio lluvia	58.20	Coefficiente de variabilidad (%)	6.02
c	Lluvia	75.20	Promedio (%)	66.20
Desviación Estándar		± 8.53		

Anexo 11. Análisis de varianza de selectividad de tallos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	680.93	340.47	0.0003	**
vaca	4	141.73	35.43	0.1083	NS
Error	8	105.07	13.13		
Total	14	927.73			

NS : No significativo

* : Significativo ($p < 0.05$)

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

Letra	Época	Promedio
a	Seca	34.60
b	Inicio lluvia	41.80
c	Lluvia	24.80
Desviación Estándar		± 8.53

Coefficiente de determinación (R^2)	0.89
Coefficiente de variabilidad (%)	10.81
Promedio (%)	33.53

Anexo 12. Análisis de varianza de selectividad de estructura verde.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	4348.93	2174.47	< 0.0001	**
vaca	4	24.00	6.00	0.8681	NS
Error	8	158.40	19.80		
Total	14	4531.33			

NS : No significativo

* : Significativo (p<0.05)

** : Altamente significativo (p<0.01)

Letra	Época	Promedio
a	Seca	50.40
b	Inicio lluvia	84.60
b	Lluvia	88.60
Desviación Estándar		±21.00

Coefficiente de determinación (R ²)	0.96
Coefficiente de variabilidad (%)	5.99
Promedio (%)	74.33

Anexo 13. Análisis de varianza de selectividad de estructura seca.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	4428.40	2214.20	< 0.0001	**
vaca	4	22.93	5.73	0.8524	NS
Error	8	140.27	17.53		
Total	14	4591.60			

NS : No significativo

* : Significativo (p<0.05)

** : Altamente significativo (p<0.01)

Letra	Época	Promedio
a	Seca	49.60
b	Inicio lluvia	15.40
b	Lluvia	11.40
Desviación Estándar		±21.00

Coefficiente de determinación (R ²)	0.97
Coefficiente de variabilidad (%)	16.49
Promedio (%)	25.50

Anexo 14. Base de datos del contenido nutricional de la dieta de vacas lecheras.

Muestra 1: Grupo de vacas 1, 2 y 3

Muestra 2: Grupo de vacas 4 y 5

Variable	Agosto		Diciembre		Marzo	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
PC (%)	10.23	10.75	16.06	17.22	13.70	13.81
FDN (%)	81.51	77.72	73.19	66.08	70.65	75.05
DIVMS (%)	40.98	41.76	62.38	61.91	49.94	45.24
DIVMO (%)	25.08	24.16	44.00	43.50	30.64	34.71
Calcio (%)	0.15	0.13	0.82	0.78	0.29	0.27
Fósforo (%)	0.15	0.17	0.17	0.21	0.24	0.22

Anexo 15. Análisis de varianza del contenido de proteína cruda en la dieta.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	37.87	18.94	< 0.0073	**
Grupo de vacas	1	0.53	0.53	0.1990	NS
Error	2	0.28	0.14		
Total	5	38.68			

NS : No significativo

* : Significativo (p<0.05)

** : Altamente significativo (p<0.01)

Letra	Época	Promedio
a	Seca	10.49
b	Inicio lluvia	16.64
c	Lluvia	13.76
Desviación Estándar		±3.08

Coefficiente de determinación (R ²)	0.99
Coefficiente de variabilidad (%)	2.75
Promedio (%)	13.63

Anexo 16. Análisis de varianza del contenido de fibra detergente neutra en la dieta.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	103.80	51.90	0.25	NS
Grupo de vacas	1	7.04	7.04	0.59	NS
Error	2	35.09	17.54		
Total	5	145.94			

NS : No significativo

* : Significativo ($p < 0.05$)

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

Letra	Época	Promedio
a	Seca	79.62
a	Inicio lluvia	69.64
a	Lluvia	72.85
Desviación Estándar		± 5.09

Coefficiente de determinación (R^2)	0.75
Coefficiente de variabilidad (%)	5.66
Promedio (%)	74.03

Anexo 17. Análisis de varianza de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca en la dieta.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	454.76	227.38	0.0178	*
Grupo de vacas	1	3.21	3.21	0.4706	NS
Error	2	8.25	4.12		
Total	5	466.22			

NS : No significativo

* : Significativo ($p < 0.05$)

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

Letra	Época	Promedio
a	Seca	41.37
b	Inicio lluvia	62.15
a	Lluvia	47.59
Desviación Estándar		± 10.67

Coefficiente de determinación (R^2)	0.98
Coefficiente de variabilidad (%)	4.03
Promedio (%)	50.37

Anexo 18. Análisis de varianza de la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica en la dieta.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	368.99	184.49	0.0203	*
Grupo de vacas	1	1.17	1.17	0.6359	NS
Error	2	7.66	3.83		
Total	5	377.83			

NS : No significativo

* : Significativo ($p < 0.05$)

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

Letra	Época	Promedio
a	Seca	24.62
b	Inicio lluvia	43.75
b	Lluvia	32.68
Desviación Estándar		± 9.60

Coefficiente de determinación (R^2)	0.98
Coefficiente de variabilidad (%)	5.81
Promedio (%)	33.68

Anexo 19. Análisis de varianza del contenido de fósforo en la dieta.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	0.00493	0.00246	0.1591	NS
Grupo de vacas	1	0.00026	0.00026	0.5286	NS
Error	2	0.00093	0.00046		
Total	5	0.00613			

NS : No significativo

* : Significativo ($p < 0.05$)

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

Letra	Época	Promedio
a	Seca	0.16
a	Inicio lluvia	0.19
a	Lluvia	0.24
Desviación Estándar		± 0.04

Coefficiente de determinación (R^2)	0.85
Coefficiente de variabilidad (%)	11.17
Promedio (%)	0.19

Anexo 20. Análisis de varianza del contenido de calcio en la dieta.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	0.48373	0.24186	0.0003	**
Grupo de vacas	1	0.00106	0.00106	0.0572	NS
Error	2	0.00013	0.00006		
Total	5	0.48493			

NS : No significativo

* : Significativo ($p < 0.05$)

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

Letra	Época	Promedio
a	Seca	0.14
b	Inicio lluvia	0.80
c	Lluvia	0.29
Desviación Estándar		± 0.35

Coefficiente de determinación (R^2)	0.99
Coefficiente de variabilidad (%)	2.00
Promedio (%)	0.41

Anexo 21. Base de datos del requerimiento energético de vacas lecheras al pastoreo.

		Vaca	EM MJ/vaca/día		
			Seca	Inicio	Lluvia
Metabolismo Basal		V1	59.98	60.75	61.78
		V2	55.52	57.81	57.98
		V3	54.27	56.40	56.75
		V4	52.57	52.48	53.74
		V5	52.30	52.39	53.29
Actividad	Pastoreo	V1	7.14	7.25	7.34
		V2	6.44	6.79	6.75
		V3	6.25	6.57	6.56
		V4	5.99	5.97	6.10
		V5	5.95	5.95	6.03
	Rumia	V1	4.44	3.71	4.07
		V2	4.01	3.41	3.81
		V3	3.89	3.32	3.69
		V4	3.73	3.08	3.35
		V5	3.70	3.05	3.34
	Parada	V1	1.15	1.28	1.19
		V2	1.04	1.20	1.09
		V3	1.01	1.16	1.06
		V4	0.96	1.05	0.99
		V5	0.96	1.05	0.97
	Caminata	V1	1.16	0.87	1.04
		V2	1.04	0.82	0.96
		V3	1.01	0.79	0.93
		V4	0.97	0.72	0.87
		V5	0.96	0.72	0.86
Producción de leche		V1	29.1	19.0	18.6
		V2	38.2	24.3	23.2
		V3	28.2	17.5	16.9
		V4	24.7	16.1	15.6
		V5	26.6	21.8	19.1

Anexo 22. Análisis de varianza del requerimiento energético del metabolismo basal.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	7.994	3.997	0.0036	**
Vaca	4	135.422	33.855	<0.0001	**
Error	8	2.603	0.325		
Total	14	146.018			

NS : No significativo

* : Significativo ($p < 0.05$)

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

Letra	Época	Promedio		
a	Seca	54.93	Coeficiente de determinación (R^2)	0.98
b	Inicio lluvia	55.96	Coeficiente de variabilidad (%)	1.02
b	Lluvia	56.71	Promedio (%)	55.87
Desviación Estándar		± 0.89		

Anexo 23. Análisis de varianza del requerimiento energético para la actividad pastoreo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	0.1107	0.0553	0.0174	*
Vaca	4	3.2403	0.8101	<0.0001	**
Error	8	0.0631	0.0078		
Total	14	3.4140			

NS : No significativo

* : Significativo (p<0.05)

** : Altamente significativo (p<0.01)

Letra	Época	Promedio
a	Seca	6.35
b	Inicio lluvia	6.51
b	Lluvia	6.55
Desviación Estándar		±0.11

Coefficiente de determinación (R ²)	0.98
Coefficiente de variabilidad (%)	1.37
Promedio (%)	6.47

Anexo 24. Análisis de varianza del requerimiento energético para la actividad rumia.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	1.025	0.513	<0.0001	**
Vaca	4	1.017	0.254	<0.0001	**
Error	8	0.021	0.0026		
Total	14	2.063			

NS : No significativo

* : Significativo (p<0.05)

** : Altamente significativo (p<0.01)

Letra	Época	Promedio
a	Seca	3.95
b	Inicio lluvia	3.31
c	Lluvia	3.65
Desviación Estándar		±0.32

Coefficiente de determinación (R ²)	0.99
Coefficiente de variabilidad (%)	1.39
Promedio (%)	3.64

Anexo 25. Análisis de varianza del requerimiento energético de la actividad parada.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	0.0406	0.0203	<0.0001	**
Vaca	4	0.0925	0.0231	<0.0001	**
Error	8	0.0023	0.0003		
Total	14	0.1355			

NS : No significativo

* : Significativo (p<0.05)

** : Altamente significativo (p<0.01)

Letra	Época	Promedio
a	Seca	1.024
b	Inicio lluvia	1.148
c	Lluvia	1.06
Desviación Estándar		±0.06

Coefficiente de determinación (R ²)	0.98
Coefficiente de variabilidad (%)	1.57
Promedio (%)	1.07

Anexo 26. Análisis de varianza del requerimiento energético de la actividad caminata.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	0.1511	0.0755	<0.001	**
Vaca	4	0.0626	0.01564	<0.0001	**
Error	8	0.0017	0.0002		
Total	14	0.2154			

NS : No significativo

* : Significativo (p<0.05)

** : Altamente significativo (p<0.01)

Letra	Época	Promedio
a	Seca	1.028
b	Inicio lluvia	0.784
c	Lluvia	0.932
Desviación Estándar		±0.12

Coefficiente de determinación (R ²)	0.99
Coefficiente de variabilidad (%)	1.50
Promedio (%)	0.91

Anexo 27. Análisis de varianza del requerimiento energético para la producción de leche.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Probabilidad	Significancia
Época	2	478.479	239.239	<0.0001	**
Vaca	4	0.520	0.130	0.9700	NS
Error	8	8.427	1.053		
Total	14	487.427			

NS : No significativo

* : Significativo (p<0.05)

** : Altamente significativo (p<0.01)

Letra	Época	Promedio
a	Seca	34.68
b	Inicio lluvia	25.19
c	Lluvia	21.22
Desviación Estándar		±6.92

Coefficiente de determinación (R ²)	0.98
Coefficiente de variabilidad (%)	3.79
Promedio (%)	27.03

Anexo 28. Requerimientos diarios de mantenimiento, gestación y producción (NRC, 1978).

		EM (MJ)	PC (g)	Ca (g)	P (g)
Mantenimiento vaca adulta					
Peso	350	45.0	341	21.0	15.5
	450	54.4	403	27.0	20.0
	550	63.2	461	33.0	24.5
	650	71.6	515	39.0	29.5
Mantenimiento más dos últimos meses de gestación					
Peso	350	58.6	642	46.0	24.0
	450	70.7	763	52.0	28.5
	550	82.2	877	58.0	33.0
	650	93.2	984	64.0	38.0
Producción de leche (requerimiento por kg de leche)					
% grasa	3.0	4.48	77	3.8	1.5
	4.0	5.19	87	4.2	1.7
	5.0	5.82	98	4.6	1.9
Cambio de peso vivo en la lactancia					
Pérdida (kg)	0.5	17.3	160		
Ganancia (kg)	0.5	17.9	250		