

1-1-2015

## **Efecto de dos disponibilidades de pradera sobre la tasa de sustitución al ofrecer alimentos balanceados en vacas lecheras**

Randol Schneider Macías Ferreira

Eduardo Clavijo Villamizar

Follow this and additional works at: [https://ciencia.lasalle.edu.co/maest\\_agrociencias](https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_agrociencias)

---

### **Citación recomendada**

Macías Ferreira, R. S., & Clavijo Villamizar, E. (2015). Efecto de dos disponibilidades de pradera sobre la tasa de sustitución al ofrecer alimentos balanceados en vacas lecheras. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/maest\\_agrociencias/4](https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_agrociencias/4)

This Tesis de maestría is brought to you for free and open access by the Facultad de Ciencias Agropecuarias at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Maestría en Agrociencias by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

EFFECTO DE DOS DISPONIBILIDADES DE PRADERA SOBRE LA TASA DE  
SUSTITUCIÓN AL OFRECER ALIMENTOS BALANCEADOS EN VACAS LECHERAS



Randol Schneider Macías, Zootecnista

Eduardo Clavijo Villamizar, Zootecnista

Director

Ivan Darío Calvache García, Zootecnista, MSc.

Línea de investigación

Producción Animal

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
OBJETIVOS	10
1.1    OBJETIVO GENERAL	10
1.2    OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
2.MARCO TEORICO	11
2.1 OFERTA DE PRADERA	11
2.2 DISPONIBILIDAD DE PRADERA.	11
2.3 FACTORES QUE DETERMINAN LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA	12
2.3.1 FACTORES CLIMATICOS QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA	12
2.3.2 Temperatura	12
2.3.3 Precipitación	13
2.3.4 Radiación solar	13
2.4 FACTORES DE MANEJO QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA	14
2.4.1 Fertilización de praderas	14
2.4.2 Frecuencia e Intensidad de pastoreo	15
2.5 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE COMPORTAMIENTO DE PASTOREO .	16
2.5.1 Tiempo de pastoreo	16
2.5.2 Tiempo de rumia	16
2.6.1 Altura de pradera	18
2.6.2 Densidad del horizonte pastoreado	19
2.6.3 composicion morfológica de la vegetación	19
2.6.4 oferta de pradera	19
2.7 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO.	20
2.8 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON ALIMENTO BALANCEADO SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO	21
2.9 EFECTO DEL SUPLEMENTO CON ALIMENTO BALANCEADO SOBRE EL CONSUMO VOLUNTARIO	22
2.8.1 Consumo de materia seca	23

2.9.1 Estimación del consumo de materia seca	23
2.10 FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO DE MATERIA SECA	24
2.10.1 Factores inherentes al animal	25
2.10.2 Factores inherentes al alimento	26
2.10.3 Factores medio ambientales	28
2.11 TASA DE SUSTITUCION	28
2.11.1 Causas de la tasa de sustitución	30
2.11.2 Tasa de sustitución y respuesta en leche	31
3. MATERIALES Y METODOS	33
3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO	33
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	33
3.3 TIPO DE ESTUDIO	333
3.4 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS	343
4. DISEÑO EXPERIMENTAL	36
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
5.1 COMPOSICION QUIMICA DE PRADERAS Y ALIMENTO BALANCEADO	37
5.2 FRACCIONES DE ALIMENTO INGERIDAS POR CADA 100 Kg DE PESO VIVO	38
5.3 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE EL CONSUMO DE MATERIA SECA	41
5.4 EFECTO DE LAS DISPONIBILIDADES DE PRADERA SOBRE EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE LECHE	42
5.5 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE LA COMPOSICION DE GRASA EN LECHE.	44
5.6 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE LA COMPOSICION DE PROTEÍNA EN LECHE .	46
5.7 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE PASTOREO.	48
5.8 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE LA TASA DE SUSTITUCION	49
5.9 ANALISIS ECONOMICO	511
6. CONCLUSIONES	544
7. RECOMENDACIONES	555
8. BIBLIOGRAFIA	566
9. ANEXOS	699

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. RANGOS PROMEDIO DE CONSUMO Y COMPORTAMIENTO INGESTIVO EN PASTOREO .....	17
TABLA 2. TASA DE SUSTITUCION Y RESPUESTA EN LECHE EN VACAS SUPLEMENTADAS.....	30
TABLA 3. VARIACIÓN EN LA TASA DE SUSTITUCIÓN EN FUNCIÓN DE CONCENTRADO SUMINISTRADO .....	32
TABLA 4. COMPARATIVO INGESTIÓN DE VACAS PASTOREANDO CON TRES NIVELES DE SUPLEMENTACIÓN CON CONCENTRADO .....	32
TABLA 5. COMPOSICIÓN QUIMICA DE PRADERAS Y ALIMENTO BALANCEADO EN BASE A MATERIA SECA .....	38
TABLA 6. AFOROS DE PRADERA EN LA PRE Y POS PASTOREO .....	39
TABLA 7. CONSUMO DE FRACCIONES POR CADA 100KG DE PV .....	40
TABLA 8. EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE EL CONSUMO TOTAL DE MS .....	41
TABLA 9. EFECTO DE LA DIPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE EL VOLUMEN DE PRODUCCION DE LECHE EN LITROS /DIA .....	42
TABLA 10. EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE LA COMPOSICION DE GRASA LÁCTEA EN G/100G.....	45
TABLA 11. KG DE GRASA/VACA/DIA A DIFERENTES DISPONIBILIDADES DE PRADERA .....	46
TABLA 12. EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE LA COMPOSICION DE PROTEINA EN LECHE G/100G .....	47

TABLA 13. KG DE PROTEÍNA/VACA/DIA A DIFERENTES DISPONIBILIDADES DE PRADERA .....	47
TABLA 14. EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE VARIABLES DE CONSUMO .....	49
TABLA 15. EFECTO DEL CONSUMO DE PRADERA SOBRE LA TASA DE SUSTITUCION KGMS FORRAJE/KGMS BALANCEADO.....	51
TABLA 16. COSTO KG DE MS A DIFERENTE DISPONIBILIDADES.....	51
TABLA 17. COSTO ENERGÉTICO A DIFERENTE DISPONIBILIDAD DE MS.....	52
TABLA 18. COSTO PROTEICO A DIFERENTES DISPONIBILIDADES DE MS.....	52
TABLA 19. PRODUCCION PROMEDIO SEMANAL DE LECHE Y DIFERENCIA ACUMULADA .....	53

## LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. EFECTO DEL CONSUMO DE ALIMENTO BALANCEADOS SOBRE EL CONSUMO.....	22
Grafica 2. RELACION ENTRE TASA DE SUSTITUCION Y RESPUESTA EN LECHE.....	31
Grafica 3 DIFERENCIAS DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE ACUMULADA EN 5 SEMANAS CON DISPONIBILIDADES DE PRADERA DE 2200 Kg MS <sup>-ha</sup> Y 2800 Kg MS <sup>ha</sup> .....	41
Grafica 4. DIFERENCIAS EN LA PRODUCCIÓN PROMEDIO DE LECHE POR SEMANA EN VACAS PASTOREADO A DISPONIBILIDADES DE PRADERA DE 2200 Kg MS <sup>-ha</sup> y 2800 Kg MS <sup>-ha</sup> .....	44
Grafica 5. TASA DE SUSTITUCIÓN Y CONSUMO DE MS EN DOS DISPONIBILIDADES DE PRADERA .....	51

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar los cambios en el nivel de tasa de sustitución en vacas Holstein sometidas a dos disponibilidades de pradera en la finca La Esmeralda ubicada en el municipio de la Calera. Para esto se utilizaron 20 vacas Holstein de tercer parto, en el primer tercio de la lactancia y con un peso promedio de 540 Kg. Las vacas se repartieron en dos tratamientos experimentales con 10 repeticiones. Se inició sometiendo las vacas a un periodo de acostumbramiento de 10 días, posteriormente cada grupo de animales fue monitoreado en pastoreo con una disponibilidad de pradera de 2200kgMS<sup>ha</sup> y diferentes niveles de suplementación lo que fue considerado como el T1 y el sometimiento a pastoreo con una disponibilidad de pradera de 2800 kgMS<sup>ha</sup> y diferentes niveles de suplementación considerado como el T2, Las variables a medir fueron consumo aparente de forraje KgMS/vaca/día, tasa de sustitución, producción de Leche L/vaca/día y sólidos funcionales grasa y proteína g/100g estas variables fueron estudiadas por 5 semanas después de realizar un acostumbramiento por 10 días. Para el parámetro nivel de sustitución se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre el T1 y T2, para las semanas 1, 2, 3 y 4 siendo superior el nivel de sustitución cuando se pastoreo a una disponibilidad de 2800KgMS<sup>ha</sup>. No hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para la producción de leche entre el T1 y T2 con promedios de  $31.04 \pm 5.652$  y  $28.7 \pm 5.626$  litros/vaca/día, respectivamente, la composición de grasa en leche fue de  $3.822 \pm 0.355$  g/100g para el T1 y de  $3.574 \pm 0.355$  g/100g para el T2 donde no se mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), Para el parámetro proteína en leche se obtuvo promedios de  $3.24 \pm 0.211$  g/100g y  $3.19 \pm 0.2,19$  g/100g para los grupos T1 y T2 respectivamente donde no se mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ). El consumo de pradera fue determinado en  $29.05 \pm 2.129$  y  $25.69 \pm 2.129$  kg Ms/vaca/día para el T1 y T2 respectivamente, hubo diferencias significativas para la semana, 2, 3 y 4 ( $P < 0.001$ ). La disponibilidad de pradera arrojó que el T2 es más eficiente desde el punto de vista de costos de producción de KgMS, producción de energía y producción de proteína de la pradera, el T1 indicó ser más eficiente en la oferta nutricional y su posterior digestión donde se obtuvo un rendimiento superior cuantificado en un 7.31%.

## ABSTRACT

In this study we aimed to evaluate changes in the level of substitution rate in Holstein cows subjected to two grassland availability in La Esmeralda ranch located in the municipality of La Calera. For this 20 Holstein cows in third parturition were used in the first third of lactation and an average weight of 540 kg. The cows were divided into two experimental treatments with 10 replicates with the subjugation of animals pasturage with grassland availability of 2200kgMSha and different levels of supplementation what was regarded as the T1 and submission to grazing with forage availability 2800 kgMSha and different levels of supplementation considered the T2, results were recorded for five weeks after seasoning period. Measured variables were apparent forage consumption KgDM/cow/day, substitution rate, milk production L / cow / day, solid fat and functional protein g/100g these variables were studied for five weeks after making a accustomed period for 10 days. For the parameter of substitution level were found significant differences ( $P > 0.05$ ) between T1 and T2, for weeks 1,2,3 and 4 were found being higher superior the level of substitution when grassland availability were 2800KgMSha. There's not significant differences ( $P > 0.05$ ) for milk production between T1 and T2 with averages of  $31.04 \pm 5.652$  and  $28.7 \pm 5.626$  liters / cow / day, respectively composition fat milk was  $3.822 \pm 0.355$  g / 100g for T1 and  $3.574 \pm 0.355$  g / 100g for T2 where no significant differences ( $P > 0.05$ ) for the parameter in milk protein averaged  $0.211 \pm 0.324$  g / 100g and  $0.2,19 \pm 0.3,19$  g / 100g for groups T1 and T2 respectively were obtained which showed no significant difference ( $P > 0.05$ ). Forage intake was determined in  $29.05 \pm 2.129$  and  $25.69 \pm 2.129$  Kg DM / cow / day for T1 and T2 respectively, there were significant differences for the week, 2,3 and 4 ( $P < 0.001$ ). The availability of grassland through the T2 is more efficient from the standpoint of production costs KgDM, energy production and protein production of the grassland, the T1 indicated to be more efficient in the nutritional supply and subsequent digestion where were superior performance quantified in a 7.31%.

## INTRODUCCIÓN

En países de América tropical la producción de carne y leche depende en gran medida en la utilización de forrajes nativos o introducidos (Quero *et al.*, 2007), estudios desarrollados por Beck y Pessot (1992) reportan producciones de 20 a 24,5 kilogramos de leche día en animales alimentados exclusivamente con forrajes en época de primavera, sin embargo esto solo puede ser logrado por cortos periodos de tiempo (Anrique y Balochi, 1993). No obstante, en muchas regiones ganaderas, la escasa disponibilidad de materia seca y pobre calidad nutricional de estos forrajes limitan severamente la producción animal (Mármoll y Morillo 2007).

La suplementación con alimentos balanceados en vacas lecheras ha sido una estrategia efectiva para satisfacer las deficiencias estacionales en la producción de pasto, y cubrir los requerimientos nutricionales de los animales de alto mérito genético (Pulido *et al.*, 2007), Sin embargo, a pesar de obtener buenos resultados en la producción de leche, la suplementación de balanceados ocasiona cambios en el comportamiento ingestivo de los animales en pastoreo, reduciendo el consumo de materia seca del forraje (Balochi *et al.*, 2002 y Bargo *et al.*, 2002) lo que genera mayor dependencia por la industria de alimentos balanceados .

Es aceptado que la composición y disponibilidad de los forrajes varía durante todo el año y que la respuesta productiva a la suplementación de balanceados tampoco es constante, por tal razón el suministro de estos debe hacerse estratégicamente para cada época del año hasta obtener la mayor utilidad marginal por kilogramo consumido teniendo en cuenta precios locales del suplemento y de la leche (Holden *et al.*, 1994) y también conociendo la disponibilidad y consumo de forraje , para calcular la cantidad de balanceado a suministrar en función del cumplimiento total de los requerimientos nutricionales.

Este concepto no es tenido en cuenta en muchos de los sistemas de lechería a la hora de suplementar los animales, lo que se ve explicado principalmente por el desconocimiento general de que la oferta de pradera y la calidad de esta pueden reducir la necesidad de suplementar grandes cantidades de alimento balanceado, lo que genera el uso indiscriminado de estos suplementos generando mayores costos de producción y una menor tasa de retorno económico para el sistema.

## OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la disponibilidad de pradera sobre el nivel de sustitución al ofrecer alimentos balanceados

### 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Evaluar el efecto de la disponibilidad de pradera sobre la respuesta productiva en términos de volumen de leche y concentración de sólidos funcionales.

Evaluar el efecto de las disponibilidades de pradera sobre el comportamiento en pastoreo.

Evaluar la relación costo beneficio para la suplementación con balanceados a dos disponibilidades de pradera.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 OFERTA DE PRADERA

El concepto más sencillo define la oferta de pradera como el forraje disponible para el pastoreo (Borelli, 2001). Otros autores exponen el concepto de nivel de oferta forrajera NOF o asignación diaria de forraje, como la cantidad de forraje que disponen los animales por unidad de peso vivo y por un periodo determinado de tiempo, este concepto además de tener en cuenta la unidad de superficie adiciona al animal como individuo que modifica la relación de oferta de pradera (Ortiz y Silva 2006).

El conocimiento de la oferta de pradera es de gran importancia en el cálculo de las variables que conlleva el pastoreo, como por ejemplo la estimación de la capacidad de carga, el cálculo de la superficie a pastorear, tiempos de ocupación, tamaños de franja en pastoreos rotativos. También permite conocer aspectos como crecimiento del forraje, respuesta a factores climáticos, fertilizantes y a la intensidad del pastoreo (Vladimir *et al.*, 2000). Finalmente permite determinar el consumo aparente, calculado mediante la diferencia de la materia seca disponible pre y pos pastoreo de un determinado número de animales en un área específica (Vidal, 2008).

### 2.2 DISPONIBILIDAD DE PRADERA.

La disponibilidad de pradera es expresada en Kg de MS/ha, se refiere al material vegetal que existe sobre el nivel del suelo y mantiene una estrecha relación con la altura de la pradera. La disponibilidad de materia seca de pradera es muy dinámica y cambia permanentemente en función de la tasa de crecimiento, la tasa de senescencia y los efectos del pastoreo. Por estas razones, su estimación solo es válida para el momento en que se determina (Riquelme y Pulido., 2008).

El crecimiento de la pradera es muy variable durante todo el año (Balochi *et al.*, 2002). Varios investigadores han evidenciado que diferentes factores como el clima, la edad de cosecha, la especie, Intensidad de pastoreo y el uso de fertilizantes determinan la disponibilidad de pradera (Ramírez *et al.*, 2010 y Keogh *et al.*, 2011).

## 2.3 FACTORES QUE DETERMINAN LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA

La etapa vegetativa de las gramíneas se caracteriza por la formación continua de hojas y macollos, inicialmente las hojas crecen desde el ápice del tallo aumentando de tamaño y de edad, las hojas tienen un crecimiento limitado y una vez alcanzado su tamaño final estas duran poco tiempo en la planta y mueren, la nueva formación de hojas crecen dentro de las vainas de las hojas más viejas dando continuidad a este proceso (Mannetje, *et al.*, 2000).

Los forrajes poseen características fisiológicas y morfológicas que brindan adaptación al medio ambiente específico, sin embargo cuando ocurren cambios en las condiciones climáticas y de manejo, suelen modificarse algunas de sus características morfológicas que afectan el rendimiento y calidad nutricional (Rodríguez, 2004).

### 2.3.1 FACTORES CLIMATICOS QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA

#### 2.3.2 Temperatura

La temperatura influye en la mayoría de los procesos de crecimiento de las plantas por esta razón se considera que este factor controla la distribución y diversidad de las especies forrajeras. Cada especie está adaptada a su óptimo de temperatura donde presenta mayor desarrollo, pero puede resistir periodos cortos de temperaturas extremas tanto altas como bajas (Estrada, 2002).

Los procesos básicos relacionados con la síntesis, transporte y degradación de las plantas están influenciados por la temperatura, por el grado de relación que estas poseen con la cinética de las reacciones bioquímicas y el mantenimiento de la integridad de las membranas (Baruch y Fisher en 1991)

La temperatura base de crecimiento y óptimo rendimiento fotosintético en forrajes C3 se encuentra entre los 14 y 22 °C y para los forrajes C4 entre los 22-35 °C (Rodríguez, 2002). Las temperaturas por encima o por debajo de este rango afectan la actividad fotosintética por inactivación enzimática, y consecuentemente afectan su crecimiento. El incremento en temperatura aumenta la demanda respiratoria, y a la rápida evaporación del agua limita la fotosíntesis y puede terminar con la muerte de las plantas (Guerrero *et al.*, 2012, Castro, 2002).

### 2.3.3 Precipitación

El volumen de agua caída por las precipitaciones y su distribución a través del año ejercen efectos notables en el crecimiento y calidad de los pastos, debido a su estrecha relación con los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan estos procesos de gran complejidad. El agua es el principal componente de las células de las plantas, y casi todos los procesos metabólicos dependen de su presencia. (Losch, 1995).

Tanto el exceso como el déficit de precipitación provocan estrés en los forrajes, en suelos mal drenados el exceso de agua en los primeros 40 cm de profundidad del suelo afecta notablemente el desempeño de las plantas, causando anoxia de las raíces, afectando la respiración aeróbica y la absorción de nutrientes, y por periodos prolongados en especies no tolerantes generando la muerte de la planta (Castellaro y Esquella, 2006)

Por el contrario el estrés por sequía reduce la aparición de biomasa en la parte aérea y foliar, además de producir importantes cambios metabólicos que se caracterizan por la disminución en la síntesis de proteínas (Guenni *et al.*, 2006) otros autores reportan que el principal efecto del estrés hídrico es la limitación y captura del nitrógeno lo que afecta la nutrición de los forrajes (Gonzales *et al.*, 2005)

### 2.3.4 Radiación solar

Al estudiar el efecto de la luz en las plantas, hay dos aspectos principales que se deben considerar, La intensidad de radiación solar recibida y la duración del periodo luminoso o fotoperiodo. (Castro, 2002).

La intensidad de radiación solar recibida se expresa en dos diferentes unidades de medida: grados lux y bujía-pie. Una bujía pie equivale a 10,7 grados lux o luxes, sin embargo los luxes son la unidad de medida más utilizada. (Sanches y Camacho, 1981)

En un día con 12 horas de luz se pueden recibir cerca de 107.000 luxes sobre el nivel del mar y a una altura de 3000msnm se reciben 129.000 luxes. La intensidad de radiación solar recibida por

los forrajes depende de la superficie de hojas existente por unidad de superficie, normalmente los forrajes encuentran su óptimo de crecimiento con intensidades de 4.500 y 27.000 luxes/día (Villafuerte *et al.*, 1998 ).

La radiación solar tiene efecto sobre procesos metabólicos de la planta que afectan la composición bromatológica del forraje, aumentos en la intensidad de la luz, favorece la tasa fotosintética, aumento en procesos de síntesis y acumulación de carbohidratos solubles de la planta, y la reducción de constituyentes estructurales (Caldwell *et al.*, 2007)

La reducción de la intensidad de radiación por efecto de sombra también ocasiona cambios en los componentes celulares, aunque que las respuestas son muy variables de acuerdo a la especie. (Buxton y Fales, 1994)

La duración del periodo luminoso es un factor de gran importancia para el desarrollo vegetativo de las pradera, las cuales requieren de fotoperiodos mínimos de 12 horas, sin embargo en especies adaptadas a climas templados necesitan alrededor de 14 horas de fotoperiodo, las praderas que no reciben el mínimo crítico de horas de luz restringen su crecimiento, floración y producción de semilla (Posada .2005).

## 2.4 FACTORES DE MANEJO QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA

El manejo incluye las decisiones que el ganadero toma sobre los cultivos de pasto y los animales, donde se puede modificar la disponibilidad de recursos como el agua, si se decide regar, el balance de nutrientes mediante la adición de fertilizantes, puede mejorar la estructura física del suelo por medio de la labranza y modificar la composición de especies y su arquitectura, además de controlar la intensidad de pastoreo (Hernández *et al.*, 2011).

### 2.4.1 Fertilización de praderas

La fertilización afecta la composición química de la pradera, por una parte hace más disponible el elemento con el que se fertiliza y por otra, ocasionando un efecto de dilución si se produce un aumento en la producción. (Mosquera y Gonzales 2000) La fertilización también afecta la disponibilidad de biomasa y uno de los elementos que mayor efecto tiene sobre el follaje es el

nitrógeno, previamente varios autores han evidenciado que la respuesta a la fertilización nitrogenada se refleja en una mayor rendimiento en kg de materia seca de la pradera y que la respuesta en producción de forraje aumenta de manera casi lineal a dosis de nitrógeno aplicada. (Herrera, 2012; Cáceres 2012). Sin embargo, es de resaltar que la fertilización nitrogenada tiene efectos en la composición bromatológica del forraje principalmente evidenciados en el aumento de la proteína del forraje, especialmente en la fracción nitrogenada y una disminución en la proteína verdadera por lo que su valor nutricional es relativamente menor. (Ruiz *et al.*, 2011)

#### 2.4.2 Frecuencia e Intensidad de pastoreo

Las praderas y los bovinos interactúan constantemente generando efectos el uno sobre otro, la defoliación es la influencia más importante del animal sobre el pasto, ya que resultan reducidas el área foliar y tallos, lo que reduce su capacidad para la fotosíntesis y crecimiento, lo que afecta el desarrollo de la planta. La defoliación inicia la formación de un nuevo rebrote. (Villareal, 2009) Si la frecuencia de defoliación es muy corta y la intensidad de pastoreo es alta la oferta de pradera se disminuye debido a que la planta incapaz de obtener energía del sol por medio de las hojas debe movilizar energía desde sus raíces para generar un nuevo rebrote, siendo un proceso lento que de ser sucedido por una nueva defoliación tardará más lento el crecimiento del forraje, Acharan *et al.*, (2009) reporta que una intensidad de pastoreo hasta los 6 cm conlleva rápidos rebrotes y una mayor producción de forraje. Por el contrario con frecuencias de defoliación largas y una baja intensidad de pastoreo la oferta de pradera aumenta hasta cierto límite, luego con frecuencias muy largas la oferta de pradera disminuye por el exceso de material muerto y tosco que conllevan pastoreos leves y una elevada tasa de pérdidas (Acosta 1998).

El ganadero debe intervenir en la relación natural que llevan los animales y la pradera y garantizar el crecimiento del pasto, para lo cual debe dirigir al bovino a la cosecha del mismo. El objetivo de un buen pastoreo es lograr que el material sea consumido en las mismas condiciones fisiológicas donde el valor nutricional es elevado y la oferta es abundante. (Pedreira *et al.*, 2007) Sin que se afecte la producción de MS por exceso de pastoreo, ni se desperdicie material vegetal por envejecimiento de la pradera (Acuña *et al.*, 1988).

## 2.5 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE COMPORTAMIENTO DE PASTOREO.

El pastoreo es considerado como la defoliación por parte de los animales a la parte aérea de forrajes enraizados, este comprende todas las actividades de búsqueda, selección y cosecha del forraje. La rutina diaria de animales en pastoreo alterna los periodos de pastoreo como tal, con periodos de rumia y reposo los que incluyen actividades de consumo de agua, aseo, acicalamiento e interacciones sociales. Normalmente en vacas lecheras los animales dedican las 2/3 partes de su tiempo diario en procesos de pastoreo y rumia y 1/3 de su tiempo en actividades restantes (Olivo et al., 2006).

Las actividades de pastoreo, rumia y reposo, pueden verse afectadas por la disponibilidad de forraje ofrecida a los animales, lo que ha sido evidenciado por diferentes autores (Reyes *et al*, 2005; Jordan et al 2005).

### 2.5.1 Tiempo de pastoreo

Las vacas lecheras por lo general, realizan entre 4 y 6 ciclos de pastoreo diariamente, dedicando entre 7 y 10 horas. El 85% de estas actividades ocurre durante horas de luz, sin embargo también se realizan pastoreos cortos durante la noche (Perez et al., 2002).

Los animales en cada pastoreo caminan lentamente toda la pradera seleccionando y colectando bocado a bocado su alimento y el tiempo destinado a esto depende en gran parte de la disponibilidad y heterogeneidad de la pradera, probablemente el límite superior de horas dedicadas al pastoreo este impuesto por la fatiga muscular, así como por la necesidad de destinar un mínimo de tiempo para otras actividades (Teuber et al 2007).

### 2.5.2 Tiempo de rumia

Después de terminarse un ciclo de pastoreo, por lo general 5 a 15 minutos, se comienza un periodo de rumia con duración entre 35 y 45 minutos, el cual consiste en una sucesión de ciclos regulares de masticación por 45 a 50 segundos de un bolo del contenido retículo-ruminal, interrumpidos por

periodos de 4 a 7 segundos de inactividad masticatoria para el tragado del mismo y la aspiración por el esófago del bolo siguiente (Bargo et al, 2003).

La rumia es realizada por las vacas entre 6 a 9 horas diarias mayoritariamente en horas de la noche y con los animales en posición acostada. El tiempo destinado a la rumia obedece a la madurez, contenido de materia seca y de fibra del forraje, factores que dependen de la disponibilidad de forraje ofrecida a los animales (Rook., 2000). En la siguiente tabla se observan algunos de los parámetros normales del pastoreo.

Tabla 1. Rangos promedio de consumo y comportamiento ingestivo en pastoreo.

Consumo diario	kg MS/día	12-15
Tiempo de pastoreo	Horas/día	7-10
Tiempo de rumia	Hora/día	6-9
Peso de bocado	Gramos /bocado	3-12
Intensidad de bocados	Bocados/minuto	40-60
Intensidad de bocados	Bocados/día (miles)	20-35
Velocidad consumo	kg MS/hora	1.0-2.4

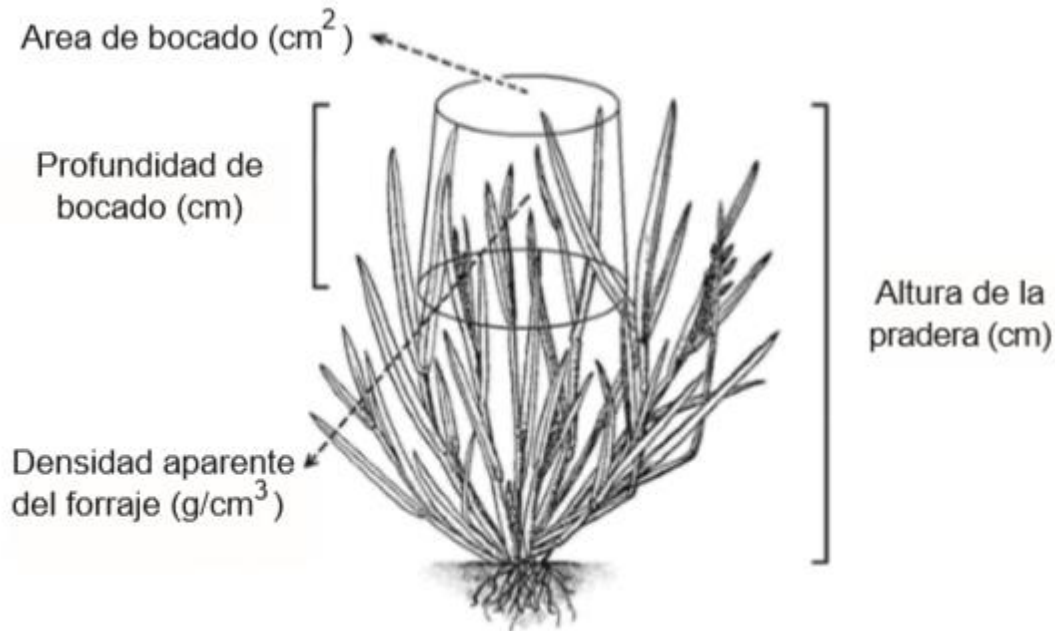
Tomado de Leaver ., 1985

## 2.6 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE EL CONSUMO DE MATERIA SECA EN PASTOREO.

Existen características no nutricionales de la pradera, relacionadas con la estructura de la cubierta vegetal, que pueden afectar la facilidad de cosecha y en consecuencia el consumo de materia seca en pastoreo.

Experimentalmente se ha demostrado que el principal factor que regula la velocidad de consumo de pradera, es el peso promedio de los bocados que el animal pueda cosechar durante el pastoreo (Hogson, 1990) . También se ha establecido que el peso de los bocados es el factor más sensible a las variaciones en la estructura de la pradera, es decir, a los cambios en la altura, la densidad, la composición morfológica y en el contenido de materia seca del forraje. Estos efectos pueden ser evidenciados en la figura 1 a continuación:

Figura 1. Dimensiones y Pesos de los bocados



Tomado de Teuber et al 2007

### 2.6.1 Altura de pradera

La altura de la pradera es el factor que más influencia el peso del bocado, praderas con hojas más altas permiten hacer un pastoreo más profundo y coleccionar más superficie de pradera con la lengua. Lo que ha sido reportado por varios autores que señalan que a medida que disminuye la altura de la pastura disminuye el peso del bocado y de manera viceversa un aumento en la altura conlleva aumentos en el tamaño del bocado. (Bargo *et al.*, 2003. y Coleman 2005).

La frecuencia de bocados es un mecanismo compensatorio del pastoreo en los rumiantes, llevando una relación inversa con el peso del bocado, es decir, a medida que aumenta el tamaño de bocado se necesita más masticación, salivación e ingesta lo que requiere mayor tiempo, lógicamente un menor peso de bocado genera una mayor frecuencia de bocados (Mouchiutti, 1995). En praderas con alturas entre los 12 y 18 cm de altura la frecuencia de bocados es alta y puede compensar el consumo de pequeños pesos de bocado, sin embargo altura de 8 cm suelen aumentar el tiempo de pastoreo y frecuencias de bocado sin ser suficientes para compensar el consumo y alturas menores a los 5 cm parecen desmotivar totalmente el pastoreo (Teuber , 2004).

### 2.6.2 Densidad del horizonte pastoreado

El peso de los bocados cosechados es el producto de su volumen por su densidad aparente. Por lo tanto, una alta densidad de hojas en los horizontes o estratos superiores de la pradera es clave para que el animal obtenga bocados pesados. La densidad de los horizontes pastoreados suele aumentar conjuntamente con la población de macollos por unidad de superficie. Cabe señalar que en praderas dominadas por gramíneas, la densidad aumenta hacia la base de la vegetación. Pero sin embargo, el peso de los bocados disminuye fuertemente en la medida que el animal accede a los estratos inferiores (Hess y Lascano ., 1997).

### 2.6.3 composición morfológica de la vegetación

La composición morfológica se refiere a la proporción de hojas, tallos, pseudo-tallos, espigas y material muerto de la pradera. A medida que aumenta la proporción de hojas verdes, la aprensión de pasto se facilita y se mejora notablemente el tamaño de pesos y bocados.

La calidad de pradera ofrecida a los animales tiene un efecto sobre el consumo (White y Wolf,1996), un aumento en la disponibilidad de pradera ofrecida sugiere un aumento en el consumo hasta una oferta diaria máxima de materia seca, ofertas superiores aumentan el forraje rechazado disminuye la eficiencia en el aprovechamiento del forraje y en sus posteriores rebrotes, este rechazo puede verse explicado por el deterioro de la calidad nutricional y un aumento en la fracción fibrosa que compone la pradera (Bargo y Col 2003).

### 2.6.4 oferta de pradera

Mendoza et al 2011 encontró una alta correlación entre la oferta de pradera y el consumo de materia seca (0.65), concluyendo que en un 65% la oferta de pradera explica el consumo de los animales. Se ha estudiado cual es la oferta ideal para lograr los máximos consumo de pradera y algunos investigadores coinciden con sugerir para los sistemas de lechería especializada ofertas que dupliquen el consumo esperado, en la practica 25 kg de Ms /animal /día en vacas suplementadas o 40 kg/ms/vaca/día en animales no suplementados. (Vaz y Bianchi, 1996) otros autores sugieren que aunque se produzcan perdidas en el forraje los mejores consumos se obtiene manejando una oferta entre 3 y 5 veces el consumo esperado, es decir que si se estima un consumo del 3% en

relación al peso vivo se debe ofrecer al animal entre 9% y 15% de materia seca en relación a su peso. (Hodgson, 1990)

## 2.7 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO.

El pastoreo es un proceso dinámico en el que el pasto y el animal interactúan afectándose el uno al otro, la defoliación, pisoteo y excretas de los animales alteran la pradera en calidad y disponibilidad, por otra parte los cambios en la pradera modifican la disponibilidad de forraje y el comportamiento alimenticio de los animales que pastorean afectando con ello el consumo de nutrientes y el desempeño productivo. (Stakelum *et al.*, 2007)

Diversos autores coinciden en señalar que existe una estrecha relación entre la oferta de pradera y el desempeño productivo individual, resaltando que al haber mayor oferta de pradera los animales pueden hacer más selección e ingerir alimento más digestible. (Delaby *et al.*, 2003) en varios de sus investigaciones determinó que la producción de leche puede aumentar entre 0,04 y 0,4 kg a medida que se incrementa 1 kg de MS seca ofrecida a los animales existiendo una respuesta moderada. Mendoza *et al.* (2011) encontró una correlación media entre la oferta de pradera y la producción de leche (0,45) y en grado una relación entre la oferta de pradera y la composición (0,17). Sin embargo es de resaltar que una oferta de pradera muy grande puede generar rechazos de los animales, y ocasionar una disminución en la producción de leche. (Gebauer., 2011).

La composición de la leche también puede verse afectada por la oferta y calidad de pradera, pues desde hace varios años es conocido que el factor nutricional que más afecta la concentración de grasa en leche es la relación entre la fibra efectiva y los carbohidratos fermentables (Ceron y Correa, 2005). Una baja en la fibra en dicha relación conlleva una disminución de la grasa en leche (Zebeli *et al.*, 2008); la causa de esta disminución está dada por la inadecuada producción de ácido acético y butírico en el rumen para la síntesis de grasa (Jenkins y McGuire, 2006).

Un mayor contenido de carbohidratos fermentables en la dieta de las vacas, producen a nivel ruminal una mayor producción de ácido propiónico, lo que conlleva un incremento en la concentración de proteína en leche y un mayor volumen productivo (Heinrichs *et al.*, 1997).

## 2.8 EFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON ALIMENTO BALANCEADO SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO

En los sistemas lecheros donde la principal fuente de alimento es la pradera, se presenta por lo general una restricción en la cantidad de materia seca que la vaca puede consumir y por lo tanto, no sacar provecho del potencial productivo que esta pueda tener (*Bargo et al.*,2003). Dadas estas condiciones se deben plantear alternativas que eleven el consumo de materia seca y a la vez mejoren la producción de leche en las vacas (*Muller et al.*,2009). Desde el punto de vista nutricional el uso de alimentos balanceados pueden cubrir estos requerimientos y su uso de manera estratégica, liga un perfecto balance para alcanzar la más adecuada tasa de sustitución que vaya enlazada a una buena producción al mejor costo (*Morrison*, 2007). Los alimentos balanceados por lo general complementan los niveles de energía que los animales no han logrado consumir en la pradera y que son fundamentales para lograr las metas productivas de los hatos.

Al evaluar el impacto de la suplementación en la nutrición animal, hay que tener en cuenta el efecto que causa sobre el consumo de materia seca total, la producción y la composición de la leche (*Bargo et al.*, 2003; *Walker et al.*, 2001; *Valentine et al.*, 2000; *Dillon et al.*, 1997).

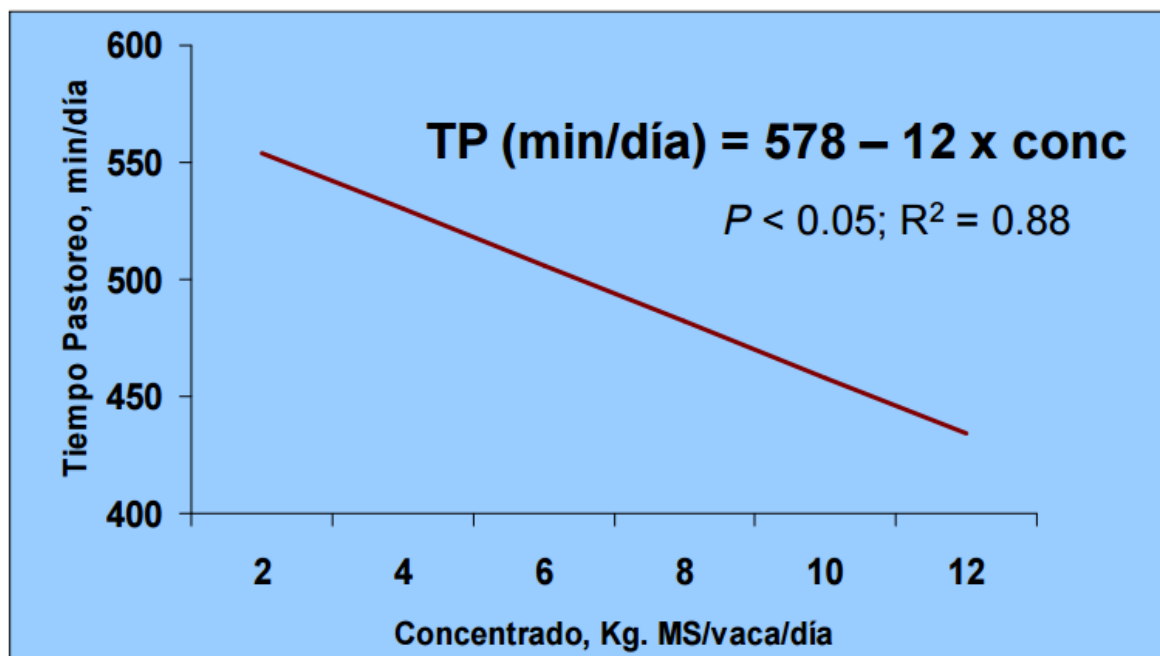
La suplementación con alimentos balanceados tiene diferentes efectos, en el caso de la materia seca se aumenta el consumo en un 24%, La tasa de sustitución aumenta notablemente (0,3 a 0,6 kg/kg), En la producción de leche se puede aumentar hasta un 22%, la proteína eleva su concentración en un 4% y la grasa en cambio puede bajar hasta un 6% en la composición total (*Bargo et al.*, 2003).

Con estos datos se podría concluir que el uso de alimentos balanceados en las dietas de las vacas es benéfico ya que casi todos los parámetros productivos se incrementan notablemente. Los aspectos a tener en cuenta desde el punto de vista digestivo son que los alimentos balanceados que contienen altos niveles de energía por lo general son almidones o pellets de concentrado, (*Delahoy et al.*, 2002; *Valk* ,1990) estos son bajos en fibra, lo cual puede alterar el consumo de materia seca por disminución en el PH ruminal y así traumatizar la producción de leche. Desde el punto de vista

económico hay que tener en cuenta los costos que acarrear el uso de los suplementos y determinar si justifican su uso desde el punto de vista de rentabilidad.

## 2.9 EFECTO DEL SUPLEMENTO CON ALIMENTO BALANCEADO SOBRE EL CONSUMO VOLUNTARIO

El efecto de la suplementación de alimentos balanceados sobre el consumo voluntario de forraje ha sido ampliamente documentado (Bargo et al., 2003; Balochi y Pulido, 2002; Pulido, 2009; ). Existe una correlación entre el nivel de alimento suplementado y el consumo voluntario de forraje, donde a medida que se aumenta la suplementación de balanceado el consumo de forraje se disminuye como puede verse en la siguiente gráfica.



Grafica 1. Efecto del consumo de alimento balanceados sobre el consumo Tomado de Bargo et al., (2003)

### 2.8.1 Consumo de materia seca

La materia seca es el porcentaje sólido del forraje, que este está compuesto por tejido celular aproximadamente (15 – 25 %) y agua (75 – 85%). La fracción sólida del forraje consta por células que a su vez contienen un porcentaje fibroso y un porcentaje de contenido celular. Este contenido celular está compuesto por proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales que pueden llegar a representar el 60–65% del contenido de MS cuando se ofrece la pradera en un estado ideal de consumo (*Teuber et al.*, 2007).

Como se puede ver, la materia seca ocupa un porcentaje reducido dentro de la composición del forraje de (Bargo, 2008), (*Kolver et al.*, 1998), (Leaver, 1985), (*McGilloway et al.*, 1996), es por esto que (Leaver, 1985) determinó que bovinos de alta producción necesitan tener un consumo de MS al menos de un 3.25% de su peso vivo. (*Dado et al.*, 1995) afirma que forrajes con altas concentraciones de fibra ingieren en el porcentaje nutritivo que la materia seca pueda aportar ya que estos contienen altas proporciones de FDA.

El consumo de materia seca durante la etapa de lactancia es variable y está sujeta a la etapa que presente según sea los requerimientos nutricionales que presente el animal, es por esto que (Hazard, 1990) cita que el consumo de MS para el primer tercio de lactación debe ser de 3,6% del peso vivo, para el segundo tercio el 3,0% del peso vivo y para el tercer tercio el 2,5% del peso vivo.

### 2.9.1 Estimación del consumo de materia seca

Las determinaciones de consumo voluntario utilizando medidas agronómicas consisten básicamente en la realización de cortes antes y después del pastoreo, y el diferencial representa la cantidad consumida por el animal. Este método es descrito por Zorrilla (1979), Meijs et al., (1982).

Un segundo método indirecto para estimar el consumo de forraje considera algunos comportamientos de pastoreo, este método ha sido descrito por Holmes *et al* (2002). En este se expone que el consumo diario de MS que realiza una vaca al pastoreo se puede representar de la siguiente manera:  $CMS (g MS/d) = TP (min/d) \times TB (bocados/min) \times PB (g MS/bocados)$ . Donde TP es tiempo de pastoreo, TB es tasa de bocado y PB es peso de bocado.

(NCR, 2001) determina una ecuación para estimar el consumo de materia seca obteniendo:

$$\text{FCM} = 0,75 (-0,192x (\text{SL}+3,67))$$

$$\text{CMS (kg/d)} = (0,372.\text{FCM } 4\%) + (0,0968.\text{PV}^{0,75})(1-e^{(-0,192.\text{SL})})$$

Donde

FCM 4% = leche corregida 4% grasa

PV = peso vivo (kg)

e = 2,71828

SL = Semana de lactancia

La técnica que se ha considerado como estándar por ser la más adecuada en términos de precisión, a pesar de ciertas desventajas relacionadas con el tiempo y costo. Es la que contempla la relación entre la cantidad total de heces producida por unidad de tiempo y la porción no digerible de la ingesta (Cordova et al., 1978; Zorrilla , 1979).

## 2.10 FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO DE MATERIA SECA

El consumo voluntario es definido como la cantidad de materia seca de forraje consumida cada día, cuando a los animales se le ofrece alimento en exceso (Minson ., 1990). Esta establecido que existe una estrecha relación entre el desempeño productivo y el consumo voluntario de materia seca , por tal razón, la comprensión de los factores que restringen el consumo de forraje son gran importancia en los sistemas de producción de leche (Euclides *et al.*, 2000).

Los factores que influyen y pueden afectar el consumo voluntario de materia seca en animales en pastoreo se han clasificado de acuerdo a si son inherentes al animal, su fisiología y su metabolismo; factores inherentes a la dieta que consumen y factores ambientales los cuales influyen de manera directa e indirecta tanto a los primeros como a los segundos (Araujo., 2005)

### 2.10.1 Factores inherentes al animal

La presencia del alimento en el tracto digestivo estimula a una amplia gama de receptores mecánicos, químicos y de temperatura y esa información es enviada al sistema nervioso central. Es necesario alcanzar un claro entendimiento de los factores que regulan a corto plazo (cantidad consumida) y a largo plazo (grasa Corporal) el apetito y el consumo de alimentos (Reynolds y Benson, 2004).

#### 2.10.1.1 Sistema nervioso central

La ingestión de alimentos por el animal está controlada por mecanismos fisiológicos que llevan al animal a iniciar y finalizar el consumo en un momento dado; es un aspecto multifactorial controlado por el hipotálamo y este consumo debe responder a las necesidades y requerimientos del estado fisiológico en el que el animal se encuentra crecimiento, lactación o gestación (Baile y McLaughlin., 1987).

El primer mecanismo para regular el consumo es físico y es conocido como, “distensión ruminal”, el cual es ocasionado por la presión que hace el alimento sobre el rumen; seguido a esto durante el consumo de alimento en el tracto gastrointestinal secreta una variedad de péptidos como parte del proceso digestivo, los cuales actúan como hormonas o señales locales, estos son detectados por los receptores situados en el rumen, intestino delgado, hígado y cerebro, para enviar información al sistema nervioso central, la sensación de saciedad, este efecto es conocido como mecanismo de regulación química (Woods y Gibbs., 1998).

#### 2.10.1.2 Estado fisiológico

El estado fisiológico del animal puede tener efectos directos sobre el consumo voluntario, en el estado de gestación el consumo de materia seca se reduce a medida que avanza la gestación, lo que puede ser explicado con la menor capacidad física digestiva a consecuencia del crecimiento del útero y la compresión del rumen. En el estado de lactancia los requerimientos energéticos incrementan para la producción de leche y con una capacidad ruminal restablecida a su tamaño normal, el consumo voluntario de materia seca se ve incrementado (Faverdin et al., 2011).

Animales en crecimiento suelen ser más selectivos por forrajes con menor contenido de fibra y más proteína, y el consumo aumenta a medida que incrementa la digestibilidad del alimento, siendo indicativo de una limitación física, a medida que el animal va creciendo empieza a utilizar mejor el forraje y su consumo de materia seca se incrementa (Forbes., 1998).

### 2.10.1.3 Condición corporal

La cantidad de grasa corporal influye en el consumo voluntario de materia seca bien quimiostáticamente o físicamente reduciendo la capacidad de ingestión. Por esta razón se ha observado que las vacas gorgas consumen menos que las flacas por esta principio de origen físico y fisiológico (Wagner et al., 1986). Minson (1990) también reporta este hallazgo argumentando que los animales flacos comen más que los gordos evaluando el consumo por unidad de peso vivo, lo que está relacionado con el crecimiento compensatorio.

### 2.10.2 Factores inherentes al alimento

#### 2.10.2.1 Contenido de humedad y ph

El consumo de materia seca se puede ver afectado por el mismo contenido de agua que presente el forraje aumentando la tasa de llenado más rápido, el nivel afecta ya que en mayores proporciones reduce la velocidad de transformación por cuenta de las bacterias ruminales, Albright (1993) afirma que un alimento se puede aprovechar estableciendo su capacidad de digestibilidad la cual es regulada por el tamaño del mismo alimento. Los alimentos que alteran por sus altas concentraciones el PH ruminal son también determinantes en la afectación del consumo.

#### 2.10.2.2 Palatabilidad

La palatabilidad incluye varias características del alimento que en conjunto lo hacen palatable o no palatable para un animal. Este factor influye en la selección del animal por el forraje lo que puede estimular o desincentivar el consumo de materia seca . Las preferencias de los animales dependen de muchos factores individuales, por ejemplo: un animal con deficiencias de zinc puede preferir

alimentos ricos en este mineral aun cuando no sea de sabor tan agradable, contrario a un animal sin deficiencia, el cual preferir el alimento de mejor sabor (Tarazona., 2011).

#### 2.10.2.3 Proteína

El contenido de proteína en la dieta tiene una correlación positiva con el consumo voluntario, en vacas lactantes este efecto surge en parte del aumento de la proteína degradable en rumen y la mejora de la digestibilidad del alimento( Allen., 2000).

Se ha establecido un límite crítico inferior de proteína para mantener un buen funcionamiento del rumen, menos del 7% de Proteína bruta en la dieta de los bovinos puede generar efectos críticos sobre el consumo, debido al deterioro del crecimiento microbiano y, en consecuencia, la degradación de la fibra detergente neutro aumentando el efecto de relleno rumen (Souza .,2013) .

#### 2.10.2.4 Energía

Existen mecanismos fisiológicos, quimiostáticos o termostáticos que regulan el consumo voluntario en función del balance energético (Burns et al 1991). Este principio ha sido evidenciado en vacas de baja o mediana producción que reciben suplementación con balanceados o forrajes de buena calidad, donde no existe un impedimento físico de llenado para satisfacer sus requerimientos, se observa que los animales ajustan su consumo en función de sus demandas fisiológicas, más que al llenado del rumen y su capacidad física. (Araujo., 2005)

#### 2.10.2.4 Fibra

Las fracciones fibrosas del alimento tienen una mayor estancia en el tracto digestivo de los rumiantes, con un paso lento en la región retículo- rumen, comparados con componentes no fibrosos de los alimentos. Lo que es un factor limitante en ingestión de materia seca, pues la capacidad física de consumo diario se ve reducida por el alimento contenido a nivel ruminal (Signorretti et al., 1999).

Detmann et al (2003) reporta la Existencia de una correlación negativa entre el nivel (FDN) de fibra contenida en la dieta de los animales y el consumo voluntario de materia seca. Esta correlación

puede verse explicada por la distención ruminal que genera el contenido fibroso en el rumen y el estímulo que ocasiona para reducir el consumo voluntario así las necesidades energéticas de los animales no estén totalmente cubiertas.

#### 2.10.2.5 Minerales

Kawas (1995) señala la importancia de la suplementación mineral en los rumiantes en pastoreo, al mencionar que la deficiencia de nitrógeno, azufre, fósforo, magnesio, sodio, cobalto y selenio reducen el consumo voluntario de forraje al inhibir la digestión de la materia orgánica.

#### 2.10.3 Factores medio ambientales

El efecto del medioambiente en el consumo voluntario de alimento ha sido bien documentado (Ames 1980; NRC 1981; Mader 2003), destacando una relación inversa entre temperatura ambiental y consumo voluntario de alimento. Sin embargo, la información respecto del efecto de otros factores ambientales sobre el consumo voluntario de alimento es limitada. Las condiciones ambientales afectan directamente la demanda de energía para mantención, así como también para la activación de algunas respuestas fisiológicas y de comportamiento animal necesarias para hacer frente a las condiciones adversas del clima (Arias *et al.*, 2008).

El ganado expuesto a cortos períodos de calor disminuyen su consumo de materia seca, especialmente cuando se utilizan dietas de alta densidad energética (Nienaber y col 2003).

### 2.11 TASA DE SUSTITUCION

El uso de praderas como base esencial de la alimentación de rumiantes en producción se debe a que es la forma más económica de establecer un programa nutricional en explotaciones lecheras (Aguirre *et al.*, 2010). Sin embargo, depender exclusivamente de la oferta nutricional que esta pueda brindar tiene como limitante la cantidad de materia seca que una vaca de alta producción necesita para poder expresar su potencial lechero (Bargo *et al.*, 2002).

Para lograr determinar la eficiencia de la pradera en términos de aportes nutricionales que eviten una elevada suplementación con concentrados, se debe recurrir a establecer buenos criterios de manejo y pastoreo para que a su vez se pueda llegar a alcanzar altos niveles de tasa de sustitución sin sacrificar la producción y mejorando los costos que esta misma devenga para hacer al sistema cada vez más competitivo.

*Halle* (2001) define la tasa de sustitución como la disminución en el consumo de pradera por cada kilogramo de suplemento, expresado en materia seca, (*Bargo et al.*, 2003) la define como la disminución del consumo de materia seca ingerida en pastoreo debido al consumo de materia seca de alimentos balanceados en la dieta del hato.

En una evaluación de la tasa de sustitución en animales al pastoreo hay que tener en cuenta varios elementos que son determinantes en la calidad de la pradera y el tipo de alimento balanceado a usar, para ello (*L.A. Pérez-Prieto et al.*, 2011; *Moran et al.*, 1986 ; *Graf*, 2005; *Morrison*, 2007) hablan que la tasa de sustitución se expresa en kg/kg y se mide con la siguiente ecuación:

$$TS \text{ (kg/kg)} = \text{MSI de pradera sin suplemento} - \text{MSI de pradera con suplemento} / \text{MSI del alimento suplementado.}$$

*Cuevas et al* (2011) determina que la fórmula para calcular la tasa de sustitución es: ( $y = -0.108X + 0.29$ ) donde X es el consumo de concentrado (kg.MS/día).

Por otra parte, (*Hopkins, 1998*) desarrolla una fórmula de estimación de TS según la capacidad de digestibilidad tanto del forraje como del concentrado obteniendo la siguiente formulación:  
$$TS = (1 - Digs) / (1 - Digp)$$

Siendo Digs digestibilidad del suplemento y Digp digestibilidad de la pradera.

Estos resultados reafirman los estudios de *Forbes* (1995) quien determinó que la tasa de sustitución puede oscilar entre los rangos de 0.4 y 0.8 kg/kg.

(*Bargo et al.*, 2003) afirma que cuando la tasa de sustitución es < 1kg/kg significa que el consumo de materia seca ingerida en el alimento balanceado es mayor que la materia seca ingerida en el pastoreo, cuando la tasa de sustitución es = 1kg/kg significa que la materia seca ingerida en el alimento balanceado es igual a la materia seca ingerida en la pastura.

Trabajos realizados por (Dixon et al.,1999; McGuilloway et al., 1996; Bargo et al., 2003; L.A. Pérez-Prieto et al., 2011; Bargo et al., 2002) describen que en pasturas de altos niveles de materia seca, la tasa de sustitución es mayor que en pasturas con niveles bajos de materia seca ya que la proporción de suplemento a suministrar en las pasturas de calidad alta es baja, esto puede ser evidenciado en la Tabla 2.

Tabla 2. Tasa de sustitución y respuesta en leche en vacas suplementadas

TIPO DE SUPLEMENTO	PRODUCCION DE LECHE (L)	SUPLEMENTO Kg MS diario	OFERTA DE PRADERA (kg MS/vaca/día)	TS Kg pastura/kg de concentrado	RL Kg leche/kg concentrado
MAIZ	45.8	7.9	25	0.26	1.36
CEBADA	20.5	4.3	40	0.55	0.96
LUPINO	30.6	5.0	21	0.31	0.98

Tomada de Bargo et al (2003)

### 2.11.1 Causas de la tasa de sustitución

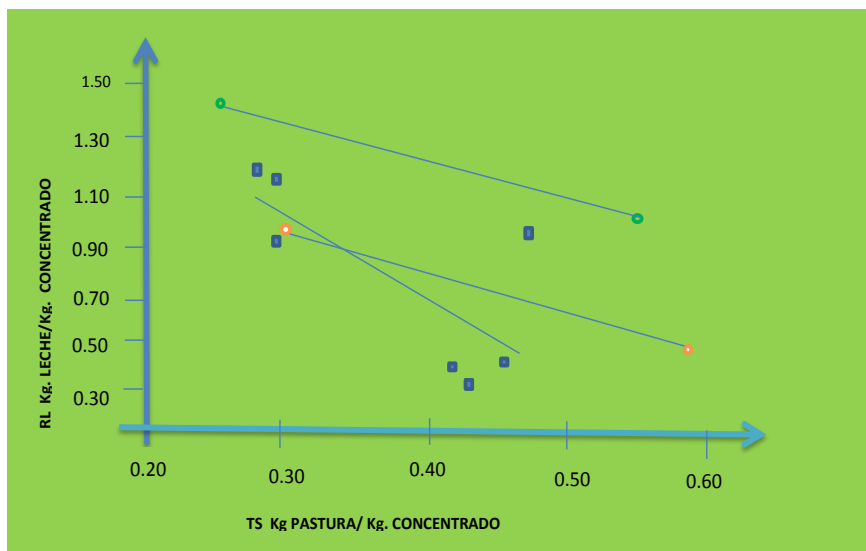
Se dice que la tasa de sustitución se presenta por trastornos ocurridos en el rumen, o por la reducción de tiempos de pastoreo debido a la inclusión de alimentos balanceados en la dieta (Bargo et al., 2003).

La primera hipótesis ocurre cuando en dietas bajas en fibra y altas proporciones de alimentos concentrados se genera a nivel ruminal cambios descendentes en el pH debido a la poca digestibilidad de fibra lo cual impacta negativamente a las bacterias celulíticas que habitan en este. Una de las consecuencias de este desbalance digestivo es hacer más lento el paso de la tasa de sustitución (Dixon et al., 1999; Bargo et al., 2003) La segunda hipótesis se presenta cuando hay una mayor oferta de materia seca en el alimento balanceado que se le ofrezca al animal, esto genera que los tiempos de pastoreo se reduzcan (Mayne, 1996 ) y los consumos de materia seca de la

pradera sean menores, se han obtenido datos que señalan una disminución de 12 minutos por cada Kg de alimento balanceado ofrecido (Bargo *et al.*, 2003).

### 2.11.2 Tasa de sustitución y respuesta en leche

La respuesta en leche es un factor esencial para medir el papel de la tasa de sustitución y su función en la producción láctea; se expresa en kg de leche/ kg de suplemento (Stockdale, 2000), (Bargo *et al.*, 2003), esta es una herramienta vital para calcular cuantos kilos de leche se pueden producir por cada kilo de elemento balanceado ofrecido. En relación a la tasa de sustitución (Bargo *et al.*, 2003), cuando esta es alta, la respuesta en leche es baja, cuando la tasa de sustitución es baja, la respuesta en leche es alta. Sus medidas de funciones son inversamente proporcionales entre ellas, como puede observarse en la Grafica 1 a continuación.



Grafica 2. Relacion entre tasa de sustitucion y respuesta en leche (Tomado de Bargo el al, 2003)

El uso de suplementos permite un leve incremento en producción de leche por vaca y un moderado incremento de la carga animal, pero reduce marcadamente el consumo de pastura por vaca y por hectárea. Cuando la inclusión de suplementos reduce marcadamente el consumo de pastura, se reduce la rentabilidad potencial del sistema lechero, y se aumentan las tasa de sustitución. En la tabla 3 se observa como la tasa de sustitución aumenta a medida que se incrementa el nivel de concentrado en la dieta.

Tabla 3. Variación en la tasa de sustitución en función de concentrado suministrado.

Consumo de concentrado (kgMs/día)	Tasa de sustitución Kg/Kg
2	0.07
4	0.14
6	0.36
8	0.57
10	0.79

Tomado de *Cuevas et al.*, (2001)

En la tabla 4 se analiza que al dosificar y aumentar la ración de concentrado se aumenta la tasa de sustitución pero a su vez aumenta el consumo de MS y la producción de leche como lo afirma (*Ruiz-Albarran et al.*, 2009; *Bargo et al.*, 2002) reporta que la tasa de bocados no tiene mayor afectación con o sin suplementación, como se ve en la tabla no hay mayor injerencia.

Tabla 4. Comparativo ingestión de vacas pastoreando con tres niveles de suplementación con concentrado

	Pastoreo (min/día)	Rumia (min/día)	Otras actividades (min/día)	Tasa de bocados (vacados/min)	Consumo de pradera (kgMS/día)	Consumo dieta total (kgMS/día)	Producción de leche (L/día)
Concentrado							
0	373	395	672	61	9,6	13,8	15,1
3	359	409	672	62	7,6	14,4	19,2
6	332	421	686	66	6,2	15,6	21,7

Tomado: I Congreso agroforestal patagónico, (2010)

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

La investigación se realizó en la finca La esmeralda ubicada en la vereda Santa Helena municipio de Calera, en el departamento de Cundinamarca, a una altura de 2984 msnm, temperatura promedio de 15 °C y precipitación anual de 1158 mm (IGAC, 2011).

#### 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La finca la Esmeralda cuenta con una población total de 110 vacas en ordeno, de las cuales se tomó una muestra representativa del 18.18% (20 vacas) de tercer parto, 1er tercio de lactancia, con condición corporal de 3,5 y peso promedio de 540 kg.

Las 20 vacas se repartieron en dos tratamientos experimentales:

T1: oferta forrajera de 2200 kgMsHa

T2: oferta forrajera de 2800 KgMSHa

#### 3.3 TIPO DE ESTUDIO

El estudio es de tipo experimental pues con diferentes tratamientos experimentales se pretende manipular un variable para dar explicación y entender los efectos de respuesta.

Para efectos del estudio las condiciones manipuladas fueron el manejo y la alimentación mediante la manipulación de la disponibilidad de la pradera, los tratamientos experimentales serán los diferentes niveles de disponibilidad de concentrado, evaluando como esta variable puede afectar la tasa de sustitución.

### 3.4 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS

El estudio se inició con la repartición de las 20 vacas de manera aleatoria en los tratamientos establecidos anteriormente, posteriormente se realizó la desparasitación y el sometimiento de los animales a un periodo de acostumbamiento de 10 días a las disponibilidades de pradera de 2200 kg MS/ha y 2800 kg MS/ha y una oferta de pradera de 6kg/100KgPV. Los potreros estaban establecidos en praderas polífiticas predominantes por rye grass (*Lolium multiflorum*) en un 80%, kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) 17% y 3% de arvenses. Posteriormente se inició la toma de registros de las variables productivas de interés del estudio (producción de leche, composición de sólidos funcionales, consumo aparente de pradera, consumo de alimentos balanceados y comportamientos de pastoreo) esto se realizó por un periodo de 5 semanas. Para efectos del estudio la oferta de pradera fue igualada para ambas disponibilidades de pradera (2200Kg/MS<sup>ha</sup> y 2800 Kg/MS<sup>ha</sup>) con la asignación diaria de 147 m<sup>2</sup>/vaca/día y 115 m<sup>2</sup>/vaca/día respectivamente.

Durante el desarrollo del estudio se llevó control de la composición botánica de la pradera suministrado a los animales a ambas disponibilidades, de igual forma se realizó análisis bromatológico descrito por banzos (1970) para la fracción fibrosa del alimento., La proteína cruda fue determinada por el método Kendal (1986) y la energía por medio de Bomba calorimétrica método Bateman (1970), para estimar EB y posteriormente por ecuación para estimar EM, esto se realizó para cada una de las disponibilidades de pradera, así como al alimento balanceado.

Los volúmenes de producción de leche se registraron a diario por cada vaca en ambos tratamientos (2200 kg/MS/ha y 2800 kg/MS/ha), se realizaron cada semana los análisis de composición de sólidos funcionales ( % de grasa y % proteína) en el equipo Lactostar en el laboratorio de la universidad de la Salle. Los kg de grasa y proteína producida fueron calculados con los porcentajes obtenidos en los análisis de composición y multiplicados por el volumen producido por animal.

El consumo aparente de forraje expresado en Kg de MS/vaca/día fue calculado por la diferencia del aforo realizado con el rising plate meter, pre y pos pastoreo, equipo calibrado por Peñuela *et al.*, (2012), el cálculo se realizó con la aplicación de la siguiente formula:

Consumo aparente: = Aforo pre pastoreo – aforo pos pastoreo

(días de ocupación) \* (# animales en pastoreo)

El alimento balanceado se suministró durante el ordeño por mérito lechero en relación de 1kg por cada 4 litros de leche producida. La composición de alimento balanceado fue: Proteína bruta 18%, Carbohidratos no estructurales 28%, fosforo 0.5%, Calcio 2 %, Energía Neta Lactancia 1.76 Mcal/kg, Grasa 6%.

Para evaluar los efectos de la oferta de pradera sobre el comportamiento de pastoreo se observaron los animales por 12 horas en las dos disponibilidades forrajeras 2200 KgMs<sup>ha</sup> y 2800 KgMs<sup>ha</sup>. En promedio, casi el 85% del tiempo total destinado por los animales a pastorear ocurre durante el día y sólo el 15% en la noche (Albright 1993). Por esta razón se inició la observación a las 5:00 am con la primera luz del día y finalizando a las 5:00 Pm al oscurecer registrándose los acontecimientos más importantes ligados con las horas de pastoreo y la rumia. Las demás actividades que las vacas realizaron durante el día como estar parada, descanso sin rumia, bebiendo, caminar y acicalamiento fueron registradas como tiempo en búsqueda de alimento y reposo. También se midieron variables del consumo como número de bocado por minuto.

La Tasa de sustitución fue calculada mediante la fórmula expuesta por Kellaway y Porta., (1993)

$$TS \text{ (kg/kg)} = (\text{consumo de MS de pastura en vacas no suplementadas} - \text{consumo de MS de forraje en vacas suplementadas}) / \text{consumo de MS de suplemento.}$$

#### 4. DISEÑO EXPERIMENTAL

En cuanto a la tasa de sustitución:

El estudio se hizo bajo un Diseño Completamente al Azar. Este modelo se considera debido a que existe igualdad de condiciones ambientales, fisiológicas y de manejo entre los 2 grupos experimentales de vacas, cuyo modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$ : Variable aleatoria a evaluar (consumo MS, producción de leche en L, concentración de grasa y proteína en leche, kg de grasa y proteína producidos)

$\mu$ = Promedio poblacional

$T_i$ = Efecto del J-esimo tratamiento que se encuentra sometido a la i-esima unidad experimental

$E_{ij}$ = Error experimental aleatorio

Previo análisis de varianza, se realizará comprobación de supuestos para determinar la coherencia entre los valores a procesar, tales como:

- Distribución normal
- Homogeneidad de Varianzas
- Independencia de error.

Todos los datos y modelos se correrán en el paquete estadístico Stat Graphcis Pluss (Virginia Tech, 2015 ®)

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 COMPOSICION QUIMICA DE PRADERAS Y ALIMENTO BALANCEADO

En el tabla 5, se presenta una descripción de la composición nutricional de la pradera en base a MS durante el periodo del ensayo. Se observa que los valores obtenidos en ambas disponibilidades de pradera están dentro de los rangos de referencia obtenidos en el país para alimentación de vacas lecheras (Carulla et al.,2004).

La pradera con disponibilidad de 2200kgMSha tiene una madurez promedio de  $22 \pm 2$  días y la pradera de disponibilidad de 2800kgMSha tiene una edad promedio de  $29 \pm 3$  días, la calidad nutricional es ligeramente mejor con la disponibilidad de pradera más joven, sin embargo la excepción corresponde a la proteína cruda, la cual es superior en la disponibilidad de pradera más madura.

La energía contenida en la pradera es un factor limitante para la producción de leche , Kolver y Muller (1998) establecen que las praderas utilizadas en sistemas de producción de leche manejan praderas con un nivel energético cerca de 2.86 Mcal/kg de MS.En el presente estudio el nivel energético para ambas disponibilidades de pradera se encuentra por debajo de este valor, reportando 2.4 y 2.1 Mcal/kg de MS para las disponibilidades de pradera de 2200KgMSha y 2800KgMsha, respectivamente, este déficit energético de las praderas deja en evidencia la necesidad de incluir alimentos balanceados en la ración de las vacas para no limitar su desempeño productivo de los animales (Mármoll y Morillo, 2007).

El promedio de FDN ideal para vacas lecheras debería ser entre el 35 y 50% (Muller., 1999). El material fibroso de la pradera hace más lenta la digestión y evacuación en el rumen, lo que genera un efecto físico de llenado que limita el consumo de materia seca (Teuber et al., 2007). El nivel de FDN encontrado en el estudio se encuentra por encima de lo sugerido en ambas disponibilidades de pradera, lo que reduce la calidad nutricional de forraje consumido.

Finalmente, la tabla 5 muestra una descripción de la composición nutricional en base a materia seca del concentrado suministrado en el presente estudio, el cual presenta una composición adecuada para concentrados utilizados en la suplementación de vacas lecheras de alta producción (25 a 35 L/día) en pastoreo rotacional (Kellaway y Porta 1993).

Tabla 5 . Composición química de praderas y alimento balanceado en base a materia seca.

	T1	T2	Balanceado
Proteína bruta (g/100g)	19	24,5	18
Celulosa (g/100g)	20,99	15,03	-
Hemicelulosa (g/100g)	18.43	26.79	-
Carbohidratos no estructurales (g/100g)	27,46	25,74	28
Fibra Bruta (g/100g)	-	-	12
Fibra detergente neutra (g/100g)	65.88	67.80	-
Fibra detergente acida (g/100g)	32.00	38.36	-
Cenizas (g/100g)	11,95	14,05	6
Humedad (g/100g)	78,1	83,46	13
Energía Metabolizable (Mcal/kg)	2.4	2.1	3.2
Nutrientes digestibles totales (g/100g)	65.44	60.98	-

T1: 2200 Kg MS ha<sup>-1</sup>, T2: 2800 Kg MS ha<sup>-1</sup>

## 5.2 FRACCIONES DE ALIMENTO INGERIDAS POR CADA 100 Kg DE PESO VIVO

El consumo de materia seca de forraje fue determinado a partir de los aforos realizados con el rising plate meter en cada potrero Pre y Pos pastoreo , es de resaltar que esta es una de las limitaciones del estudio, pues según Haro (2002) la determinación de materia seca por esta metodología no tiene en cuenta factores como el pisoteo, selectividad de los animales y crecimiento de la pradera, lo que implica que los resultados no sean un 100% veraces. Las alturas

comprimidas de pradera en la entrada y salida de los animales y los aforos se muestran en la Tabla 6 a continuación.

Tabla 6 Aforos de pradera en la Pre y Pos pastoreo.

Semana	T1				T2			
	Alt. Comp Cm Entrada	Aforo Entrada KgMSha	Alt. Comp Cm Salida	Aforo Salida KgMSha	Alt. Comp Cm Entrada	Aforo Entrada KgMSha	Alt. Comp Cm Salida	Aforo Salida KgMSha
1	23,15 ± 0,35	2160 ± 27,93	11,2 ± 0,56	1216 ± 44,68	30,85 ± 1,06	2769 ± 83,79	16,1 ± 0,21	1599 ± 16,75
2	23,09 ± 0,28	2220 ± 22,34	11,1 ± 0,98	1208 ± 78,20	31,25 ± 0,21	2875 ± 16,75	14,5 ± 1,27	1447 ± 100
3	22,7 ± 0,14	2125 ± 11,17	11,9 ± 0,35	1276 ± 27,93	30,15 ± 0,49	2686 ± 39,10	13,7 ± 1,13	1414 ± 89,33
4	23,1 ± 0,9	2208 ± 72,61	10,9 ± 0,70	1260 ± 72,619	31,85 ± 0,49	2848 ± 39,10	13,9 ± 0,35	1434 ± 27,93
5	21,95 ± 0,49	2066 ± 39,10	11,1 ± 0,91	1599 ± 16,75	31,45 ± 1,4	2816 ± 117,30	15,2 ± 0,14	1532 ± 11,17

T1: 2200 Kg MSha, T2: 2800 Kg MSha; Alt Comp = Altura comprimida de pradera

Con las diferencias del aforo pre y pos pastoreo, el área de los potreros, el número de animales en pastoreo, y asumiendo un peso promedio de 540 KgPV se calculó el consumo aparente de materia seca por vaca y Por cada 100 de PV. En la Tabla 7 se presenta el consumo de materia seca y fracciones de forraje por cada 100 Kg de PV obtenidos en las dos disponibilidades de pradera para cada semana, también se observa que el consumo de MS de forraje fue superior en el T1 durante la totalidad del estudio.

El cálculo de las fracciones consumidas fueron estimadas con la composición química de las disponibilidades anteriormente expuestas y el consumo de MS por cada 100KgPV. El consumo en todas las fracciones fue mayor en la disponibilidad de pradera de 2200 KgMSha, sin embargo los consumos de Proteína Cruda en la disponibilidad de 2800 KgMsha fueron superiores en las 5 semanas de estudio.

La proporción de la pared celular que está compuesta por la fracción menos digestible del alimento y que está formada por ligno-celulosa, corresponde al FDA y se relaciona en forma inversamente proporcional con la digestibilidad de la pradera (Teuber y col 2007). En el presente estudio se coincide con este hallazgo pues el mayor consumo de nutrientes digestibles totales se logró en el T1 el cual contiene menor contenido de FDA.

El consumo de materia seca por cada 100kg de PV se encuentra muy superior en todas las semanas en ambos tratamientos a los reportes de Correa y Carulla (2008) para vacas Holstein en pastoreo en Colombia, los cuales determinaron por medio de marcadores internos de óxido de cromo valores de consumo de 2,55 Kg por cada 100 Kg de PV.

Tabla 7 Consumo de fracciones por cada 100Kg de PV

SEMANA	T1					T 2				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Consumo (kg/100KgPV/día)	4,37	4,56	4,03	4,62	3,97	4,17	3,49	3,26	3,73	3,78
Proteína bruta (kg/100KgPV/día)	0,83	0,86	0,76	0,87	0,75	1,02	0,85	0,80	0,91	0,92
Celulosa (kg/100KgPV/día)	0,91	0,95	0,84	0,97	0,83	0,62	0,52	0,49	0,56	0,56
Hemicelulosa (kg/100KgPV/día)	1,17	1,22	1,08	1,23	1,06	0,76	0,64	0,60	0,68	0,69
Carbohidratos NE. (kg/100KgPV/día)	1,20	1,25	1,10	1,26	1,09	1,07	0,90	0,84	0,96	0,97
Cenizas (kg/100KgPV/día)	0,52	0,54	0,48	0,55	0,47	0,58	0,49	0,45	0,52	0,53
Fibra detergente Neutra (kg/100KgPV/día)	2,88	3,00	2,66	3,04	2,61	2,82	2,37	2,21	2,53	2,56
Fibra detergente Acida (kg/100KgPV/día)	1,40	1,46	1,29	1,47	1,27	1,60	1,34	1,25	1,43	1,45
Nutrientes digestibles totales (kg/100KgPV/día)	2,86	2,98	2,64	3,02	2,59	2,54	2,13	1,99	2,28	2,30
Energía metabolizable Mcal/100 KgPV/día	10,50	10,96	9,69	11,09	9,53	8,76	7,34	6,86	7,85	7,95

T1: 2200 Kg MS/ha, T2: 2800 Kg MS/ha Carbohidratos NE: Carbohidratos no estructurales

### 5.3 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE EL CONSUMO DE MATERIA SECA

El consumo de pradera fue determinado en  $29.05 \pm 2.129$  y  $25.69 \pm 2.129$  KgMS/vaca/día cuando se pastoreó a una disponibilidad de 2200KgMsha y 2800KgMsha Respectivamente. El consumo de materia seca disminuyó significativamente en el T2 para la semana, 2,3 y 4 ( $P < 0.001$ ) lo que permite afirmar que las variaciones en los niveles de disponibilidad de pradera producen cambios en el consumo de materia seca. Teuber et al (2007) corrobora que la disponibilidad de pradera pueden generar estos efectos sobre el consumo voluntario.

Los valores de consumo obtenidos en este estudio se encuentran por encima a los reportados por Leon et al (2007) y Correa y Carulla (2009) en vacas Holstein, quienes reportan consumos de 18,7 Kg de MS/vaca/día. Sin embargo estos autores han utilizado otros métodos de determinación de consumo de MS, reportes de Escobar y Carulla (2003) quienes utilizaron la metodología de realizar aforos pre y pos pastoreo se aproximan más a los resultados obtenidos en esta investigación, los cuales reportaron consumos de 23.47 Kg de MS/vaca/día en praderas de kiukuyo y rye grass en la sabana de Bogotá.

Tabla 8. Efecto de la disponibilidad de pradera sobre el consumo total de MS

Semana	T1	T2	P< $\alpha$
1	$29,39 \pm 2.129$	$28,28 \pm 2.129$	0,259
2	$30,41 \pm 2.129$	$24,64 \pm 2.129$	0,000**
3	$27,56 \pm 2.129$	$23,41 \pm 2.129$	0,000**
4	$30,72 \pm 2.129$	$25,95 \pm 2.129$	0,000**
5	$27,21 \pm 2.129$	$26,19 \pm 2.129$	0,298

T1: 2200 KgMS/ha, T2: 2800KgMS/ha., Promedio + D.S., el promedio es el resultado de 10 réplicas por tratamiento.  $P < \alpha: 0,05$

#### 5.4 EFECTO DE LAS DISPONIBILIDADES DE PRADERA SOBRE EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE LECHE

En la tabla 8 se presenta la producción de leche en Litros/vaca/día para las 5 semanas de estudio, teniendo como promedio para el T1 y T2 una producción de 31.04 y 28.7 litros vaca/día, respectivamente. La disponibilidad de pradera de 2200KgMSha tiende, no significativamente ( $P > 0,05$ ), a aumentar el desempeño productivo de las vacas.

El leve aumento productivo puede verse explicado por un mayor consumo energético en el total de la dieta en el T1 teniendo como promedio de consumo 10.35 Mcal/100 kg de PV, frente a 7.75 Mcal/100 kg de PV consumidos en el T2. Lo cual según McEvoy et al (2008) está determinado por el nivel energético consumido el cual es responsable del volumen de producción de leche.

Por otra parte puesto que el contenido nutricional está asociado al crecimiento de pradera (Ardila et al 2014) y el crecimiento implica un aumento en el grosor de la pared celular de la planta y por ende una disminución en el contenido celular y digestibilidad, a una disponibilidad de 2800 KgMSha con praderas más maduras se redujo su aporte nutricional a la dieta, (Poff et al, 2009, Wilson y Hatfield, 1997) lo que limitó una pequeña parte el desempeño productivo en el T2.

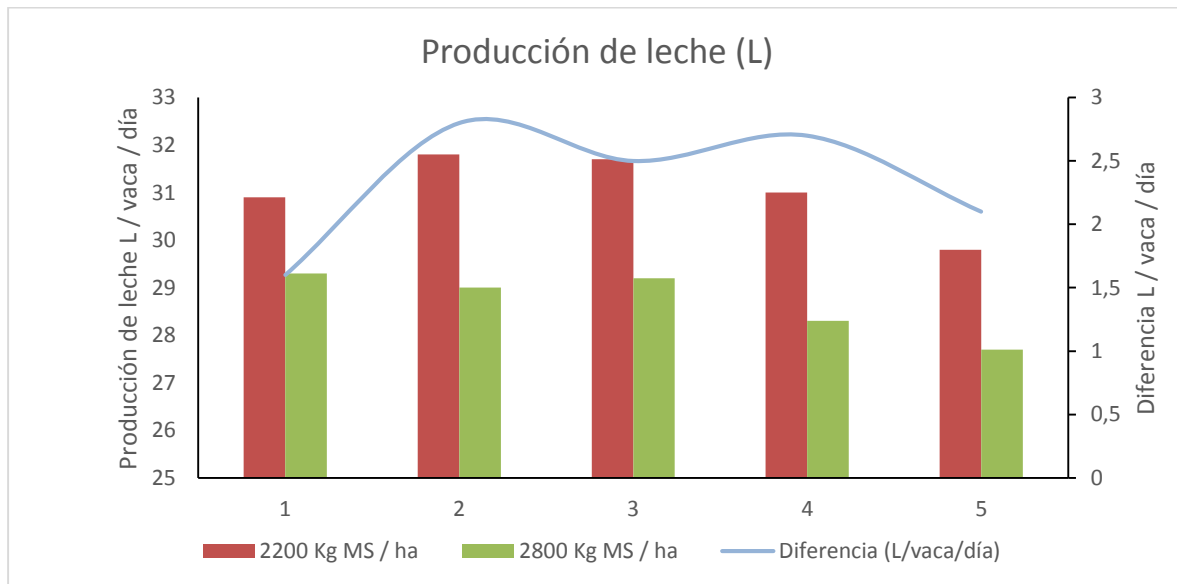
Tabla 9. Efecto de la disponibilidad de pradera sobre el volumen de producción de leche en Litros /día

Semana	T1	T2	P < $\alpha$
1	30,9 $\pm$ 6,10	29.3 $\pm$ 5.65	0.547
2	31.8 $\pm$ 5.67	29.0 $\pm$ 5.96	0.296
3	31.7 $\pm$ 5.57	29.2 $\pm$ 6.79	0.380
4	31.0 $\pm$ 5.39	28.3 $\pm$ 5.73	0.292
5	29.8 $\pm$ 5.53	27.7 $\pm$ 4.00	0.343

T1: 2200 KgMS/ha, T2: 2800KgMS/ha., (L) litros de leche, Promedio  $\pm$  desviación estándar., el promedio es el resultado de 10 réplicas por tratamiento para cada semana.  $\alpha = 0.05$ .

Las diferencias en la producción de leche se observan en la gráfica 3, en promedio entre la disponibilidades de pradera de 2200KgMs<sup>ha</sup> y 2800KgMs<sup>ha</sup> fueron de 1.6, 2.8, 2.5, 2.7 y 2.1 L/vaca/día para las semanas 1,2,3,4 y 5 respectivamente ,coincidentalmete las mayores diferencias en el volumen de producción de leche entre los tratamientos concuerdan con los mayores consumos de materia seca y niveles energéticos.

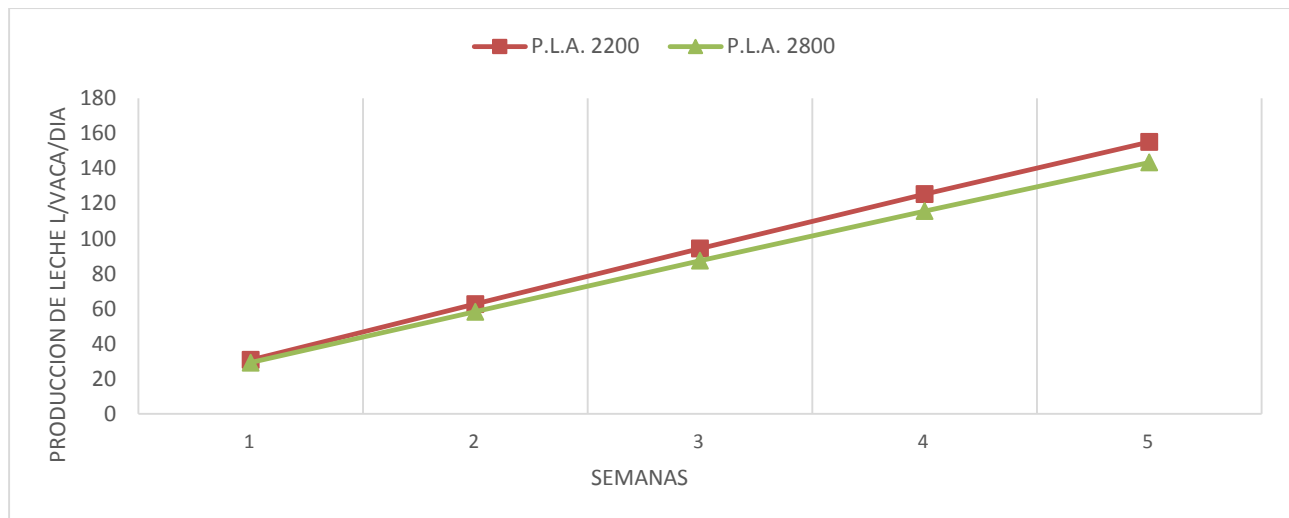
Es de resaltar que la producción de leche en vacas es un proceso dinámico, determinado por múltiples factores como la alimentación, factor climático, etapa de la lactancia y genética, (Valencia *et al.*, 2012) por tal razón una comparación de promedios para evaluar el desempeño en la producción de leche errónea , pues los criterios evaluativos no son uniformes en el tiempo. La medición indicada para obtener una medición más acertada es realizar la comparación de la producción de leche acumulada, pues las posibles influencias que pudieron afectar el desempeño son acumuladas en las 5 semanas de estudio.



Grafica 3. Diferencias en la producción promedio de leche por semana en vacas pastoreado a disponibilidades de pradera de 2200kgMS<sup>ha</sup> y 2800kgMS<sup>ha</sup>

La producción acumulada por vaca (P.L.A) en las 5 semanas de estudio para las disponibilidades de pradera de 2200KgMs<sup>ha</sup> y 2800KgMs<sup>ha</sup> fueron de 152,2 y 143,5 Litros/vaca Respectivamente. Encontrándose una diferencia de 11,7 Litros/vaca entre los dos tratamientos, que si bien

estadísticamente no son significativas, pueden ser importantes económica y biológicamente, dichas diferencias pueden ser observadas en la Grafica 4



Grafica 4. Diferencias de la producción de leche acumulada en 5 semanas con disponibilidades de pradera de 2200kgMS/ha y 2800kgMS/ha.

### 5.5 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE LA COMPOSICION DE GRASA EN LECHE.

Para el parámetro grasa en leche se encontró en la vacas de la finca la esmeralda un promedio de  $3.822 \pm 0.355$  g/100g cuando se pastoreo a una oferta de 2200KgMS/ha y de  $3.574 \pm 0.355$  g/100g cuando el pastoreo se realizó a una oferta de 2800 KgMS/ha, aunque es evidente que los niveles de grasa fueron mayores con la oferta de pradera de 2200 kgMS/ha no hubo diferencias significativas ( $P > 0.50$ ) en los valores de grasa cuando se pastoreó a una oferta forrajera de 2800KgMS/ha. Los valores de grasa encontrados en el estudio coinciden con los reportados por (Cañas et al 2011) los cuales reportan valores entre 3.4 g/100g y 3,8 g/100g en grasa para vacas Holstein en sistemas de lechería especializada en trópico colombiano, y se encuentran por encima de los resultados obtenidos por (Montoya et al 2004).

Ametaj y dronchener (2008) reportan que la concentración de grasa en leche está determinada por la relación de fibra efectiva y carbohidratos fermentables en la dieta de las vacas, señalando que los aumentos de fibra generan una mayor producción de ácido acético y butírico a nivel ruminal los cuales son utilizados para aumentar la síntesis de grasa (Jenkins y McGuire,2006; Shennan y Peaker, 2000).

Aunque es de esperarse que los forrajes con mayor contenido de fibra generen las mayores concentraciones de grasa en leche (Ceron y Correa., 2005), en este estudio la disponibilidad ofrecida en el T1 con menor nivel de fibra produjo ligeramente una mayor concentración de grasa en leche. Esto puede verse explicado por un mayor consumo de MS de forraje incentivado por un menor contenido FDN en esta disponibilidad , que en el total de la dieta se ven reflejados en mayor consumo de fibra efectiva, lo que puede haber generado dicho aumento de grasa en leche.

Tabla 10. Efecto de la disponibilidad de pradera sobre la composición de grasa láctea en g/100g

Semana	T1	T2	P< $\alpha$
1	3,79 $\pm$ 0,327	3,55 $\pm$ 0.327	0.117
2	3,76 $\pm$ 0.385	3,50 $\pm$ 0.392	0.163
3	3,78 $\pm$ 0.361	3,54 $\pm$ 0.359	0.160
4	3,9 $\pm$ 0.300	3,65 $\pm$ 0.294	0.077
5	3,88 $\pm$ 0.405	3,63 $\pm$ 0.404	0.187

T1: 2200 KgMS/ha, T2: 2800KgMS/ha., Promedio + D.S., el promedio es el resultado de 10 réplicas por tratamiento. P<  $\alpha$ : 0,05

Consecuentemente a que no se presentaron diferencias significativas en la composición de grasa en leche entre los T1 y T2 tampoco se observaron diferencias significativas en estos tratamientos en los de kg de grasa/vaca/día producidas (P>0.50), lo que nos indica que para las vacas de la finca la esmeralda la disponibilidad de pradera no tiene efectos en la composición de solidos funcionales en leche como puede ser observado en las tabla 10 , esto coincide con reportes de Alvarez et al (2006) quien tampoco reporto cambios en la grasa de leche en vacas Holstein

sometidas a diferentes ofertas, y contrasta con reportes de Mojica *et al.*, (2009) quienes han encontrado que la disponibilidad de pradera de pasto kikuyo puede afectar la composición de grasa en leche.

La regularidad en la composición de la leche permite pensar que mecanismos compensatorios, como la movilización de reservas corporales depositadas en los tejidos en las vacas sometidas a la menor cantidad de fibra efectiva en la dieta, evitaron que los tratamientos afectaran la composición de grasa en leche (Bargo., 2002).

Tabla 11. kg de grasa/vaca/día a diferentes disponibilidades de pradera

Semana	T1	T2	P< $\alpha$
1	1,16 ± 0,228	1,03 ± 0,206	0,196
2	1,19 ± 0,24	1 ± 0,21	0,082
3	1,19 ± 0,207	1,03 ± 0,254	0,140
4	1,2 ± 0,16	1,02 ± 0,167	0,028
5	1,15 ± 0,12	1 ± 0,141	0,077

T1: 2200 KgMS/ha, T2: 2800KgMS/ha., Promedio + D.S., el promedio es el resultado de 10 réplicas por tratamiento. P<  $\alpha$ : 0,05

## 5.6 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE LA COMPOSICION DE PROTEÍNA EN LECHE .

Para el parámetro proteína en leche se obtuvo promedios de  $3.24 \pm 0.211$  g/100g y  $3.19 \pm 0.2,19$  g/100g para las vacas que pastorearon a 2200KgMs/ha y 2800KgMs/ha respectivamente. Los comportamientos de la concentración de proteína en leche fueron muy similares en los dos tratamientos y no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.50$ ).

El nivel de proteína en leche está determinado por el nivel de ácido propionico producido en el rumen que junto a un bajo suministro de fibra efectiva en la dieta y una alta concentración de carbohidratos no estructurales, conllevan a un incremento en la concentración de proteína en leche

(Heinrichs et al 1997). Esto indica que la reducción en la proporción de forraje en la dieta de una vaca aumenta el contenido de proteína láctea (Jenkins y McGuire año, 2006).

Tabla 12. Efecto de la disponibilidad de pradera sobre la composición de proteína en leche g/100g

Semana	T1	T2	P< $\alpha$
1	3,3 $\pm$ 0.156	3,1 $\pm$ 0.146	0,622
2	3,1 $\pm$ 0.183	3,1 $\pm$ 0.123	0,810
3	3,2 $\pm$ 0.271	3,2 $\pm$ 0.240	0,938
4	3,3 $\pm$ 0.378	3,3 $\pm$ 0.351	0,956
5	3,2 $\pm$ 0.53	3,2 $\pm$ 0.381	0,793

T1: 2200 KgMS/ha, T2: 2800KgMS/ha., Promedio + D.S., el promedio es el resultado de 10 réplicas por tratamiento. P<  $\alpha$ : 0,05

En esta investigación no se presentaron diferencias significativas entre el T1 y T2 para los kg de proteína/vaca/día, por lo que se puede afirmar que los tratamientos no afectan la producción ni composición de Kg de proteína Láctea.

Tabla 13. Kg de proteína/vaca/día a diferentes disponibilidades de pradera

Semana	T1	T2	P< $\alpha$
1	0,96 $\pm$ 0,195	0,91 $\pm$ 0,181	0,492
2	0,99 $\pm$ 0,178	0,90 $\pm$ 0,177	0,251
3	1,01 $\pm$ 0,156	0,93 $\pm$ 0,202	0,359
4	1,02 $\pm$ 0,16	0,92 $\pm$ 0,136	0,163
5	0,96 $\pm$ 0,185	0,88 $\pm$ 0,154	0,326

T1: 2200 KgMS/ha, T2: 2800KgMS/ha., Promedio  $\pm$  D.S., el promedio es el resultado de 10 réplicas por tratamiento. P<  $\alpha$ : 0,05

## 5.7 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE PASTOREO.

En la tabla 13 se presentan los tiempos dedicados al comportamiento alimenticio de las vacas en ambos tratamientos durante las 12 horas del día. Los resultados indican una diferencia en el tiempo de pastoreo total, siendo el tratamiento de 2200KgMSha el que dedicó mayor tiempo a dicha actividad (396 min/día). Bargo y col. (2003) reportan que en promedio las vacas pastorean 578 min/día.

También se muestran las tasas de bocado por minuto para ambos tratamientos, Se observó un aumento en el número de bocados en las vacas con disponibilidad de pradera de 2200kgMSha, lo que probablemente relacionado con la facilidad de aprensión del bocado en praderas de menor altura. Bargo y col (2003) agregan que las vacas con alto mérito genético tienen una mayor tasa de bocado (64 bocados/minuto), frente a vacas de bajo mérito, que sólo alcanzan un máximo de 61 bocados/minuto.

Los tiempos de rumia en este ensayo aumentaron en el T2 al incrementar la disponibilidad de pradera encontrando un tiempo total de rumia de 208 min/día. Probablemente este aumento esté relacionado con mayores contenidos de FDN lo cual tiene una mayor estancia en el tracto digestivo de los rumiantes, y un paso lento en la región retículo- rumen, comparados con componentes no fibrosos de los alimentos, lo que implica mayor necesidad de rumiar este material para mejorar su digestión (Signorretti et al., 1999).

Al analizar el total de tiempo destinado por los animales para obtener su alimento en el día, podemos apreciar que en el T1 las vacas dedicaron en promedio un 54.2 % del tiempo total al pastoreo 25,8% a la rumia y un 20% a la búsqueda de alimento, actividades sociales y acicalamiento, y en el T2 disminuyeron el tiempo de pastoreo a 46.68%, se aumentaron el tiempo de rumia a 29.16% y aumento el tiempo de búsqueda de alimento a 24.16%.

Tabla 14. Efecto de la disponibilidad de pradera sobre variables de consumo.

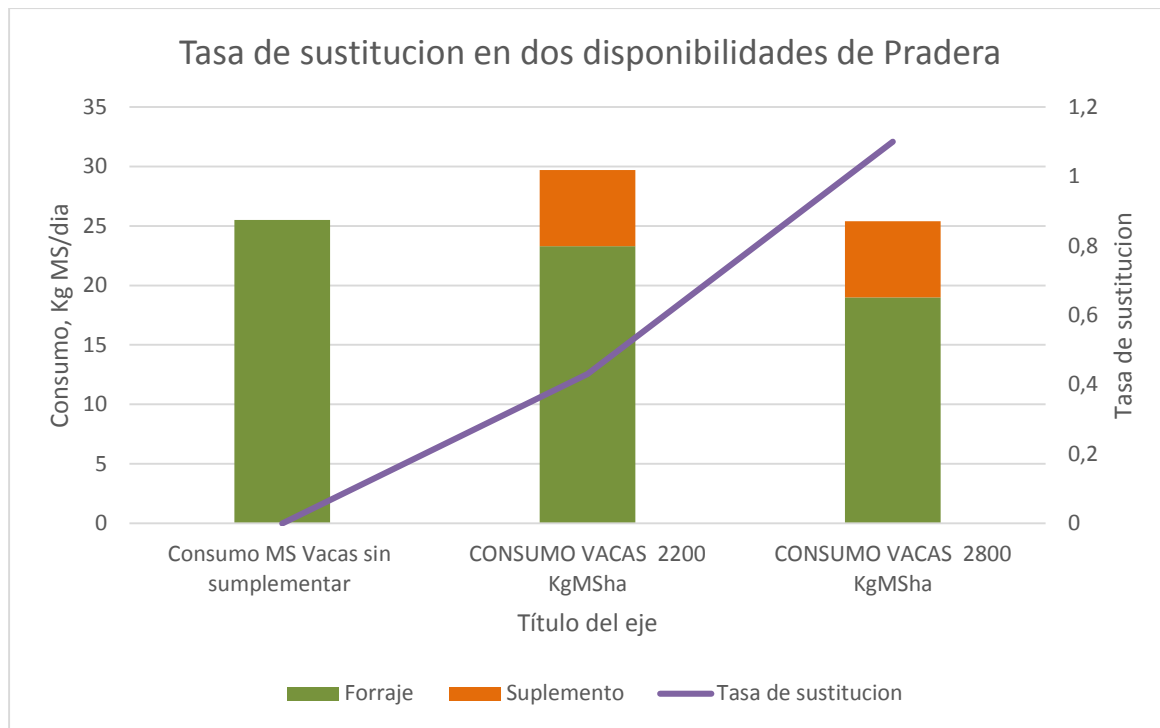
Comportamiento	T1				T2			
Tiempo de rumia	188	min	3,1	horas	208	min	3,5	Horas
Tiempo de reposo búsqueda de alimento	141	min	2.4	horas	174	min	2.9	Horas
Tiempo de pastoreo	391	min	6,5	horas	336	min	5,6	Horas
Numero de bocados	18	min		hora	15	min		Hora

T1: 2200 KgMS/ha, T2: 2800KgMS/ha., Promedio + D.S., el promedio es el resultado de 10 réplicas por tratamiento.  $P < \alpha: 0,05$

#### 5.8 EFECTO DE LA DISPONIBILIDAD DE PRADERA SOBRE LA TASA DE SUSTITUCION

Varios autores (Hinostroza., 2004;Rook *et al.*,1994; Pulido et al., 2006) han estudiado cómo los diferentes niveles de suplementación con balanceados afectan la tasa de sustitución sin embargo son pocos los que reportan cómo la disponibilidad de pradera por hectárea puede afectar el nivel de sustitución. En este estudio se oferto el mismo nivel de alimento balanceado y se ofrecieron diferentes disponibilidades de pradera como se observa en la gráfica 5, el consumo de MS total más alto se obtuvo en el T1, así como el mayor consumo de MS de forraje, la tasa de sustitución fue mayor en el T2. El consumo de MS en vacas sin suplementar fue obtenido de los consumos aparentes de un grupo vacas en la finca las cuales no recibieron ninguna suplementación durante 10 días.

La tasa de sustitución más baja en este estudio obtenida en el T1 conllevaron los mejores desempeños productivos de los animales, lo que coincide con reportes de Grainger y Mathews (1989) quienes muestran en su estudio que la tasa de sustitución aumento y la respuesta a la suplementación disminuyo, a medida que se aumentó la disponibilidad de forraje



Grafica 5. Tasa de sustitución y consumo de MS en dos disponibilidades de pradera

Para el parámetro nivel de sustitución se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.50$ ) entre el T1 y T2, para las semanas 1,2,3 y 4 siendo superior el nivel de sustitución cuando se pastorea a una disponibilidad de 2800KgMS<sup>ha</sup>. Lo que indica que el alimento balanceado limita a un más el consumo de pradera cuando se pastorea con forrajes más fibrosos. (Pulido *et al.*, 2006) Por cada kg de alimento balanceado consumido en promedio se sustituye el consumo de 0.432 y 1.064 kgMS de forraje pastoreando en disponibilidades de 2200 kgMSha y 2800 KgMSha, respectivamente.

Las razones de dicha sustitución pueden ser explicadas por la energía provista por el concentrado (carbohidratos fermentables) que resultan en reducciones del pH ruminal, lo cual afecta la actividad y número de bacterias celulolíticas, reduciendo la tasa de digestión de la fibra de la pradera y en consecuencia reduciendo el consumo de MS (Dixon and Stockdale, 1999). Otra razón que puede explicar la tasa de sustitución está relacionada con el tiempo de pastoreo, pues se ha sugerido que la suplementación provoca una reducción en tiempo de pastoreo lo que explicaría la tasa de sustitución (McGilloway y Mayne, 1996).

Según los postulados expuestos por Bargo *et al.*, (2003) podemos afirmar que la tasa de sustitución en el T1 siendo  $< 1$  que el consumo de MS en las vacas suplementadas es mayor que el total de MS consumido en vacas no suplementadas, para el caso del T2 la tasa de sustitución  $> 1$  indica que la suplementación redujo el consumo total de materia seca en las vacas.

Tabla 15. Efecto del consumo de pradera sobre la tasa de sustitución KgMS forraje/KgMS balanceado.

Semana	T1	T2	P < $\alpha$
1	0,37 $\pm$ 0,137	0,59 $\pm$ 0,217	0,014
2	0,16 $\pm$ 0,066	1,31 $\pm$ 0,482	0,000
3	0,73 $\pm$ 0,269	1,55 $\pm$ 0,573	0,000
4	0,10 $\pm$ 0,037	1,05 $\pm$ 0,388	0,000
5	0,80 $\pm$ 0,298	1,00 $\pm$ 0,369	0,195

T1: 2200 KgMS/ha, T2: 2800KgMS/ha., Promedio + D.S., el promedio es el resultado de 10 réplicas por tratamiento. P <  $\alpha$ : 0,05

## 5.9 ANALISIS ECONOMICO

Los resultados económicos obtenidos durante las 10 semanas de recolección de datos indican que el T2 desde el marco del costo de producción de kilogramos de materia seca, es más económico dado que la disponibilidad de MS es más alta en referencia a un mismo costo de mantenimiento de pradera.

Tabla 16. Costo Kg de MS a diferentes disponibilidades.

	Costo pesos/ha	Costo pesos/Kg MS
T1	1'200.000	545,45
T2	1'200.000	428,57

T1: 2200 KgMS/ha, T2: 2800KgMS/ha.

El costo energético referenciado en Mcal/Kg demuestra que la unidad de energía es más barata en el T2 ya que su costo en producción de materia seca es menor que el T1 y termina siendo representativo en su balance final.

Tabla 17. Costo energético a diferente disponibilidad de MS

	Costo Kg MS	EM (Mcal/Kg)	Pesos/ Mcal
T1	545,45	2,4	227,27
T2	428,57	2,1	204,08

T1: 2200 KgMS/ha, T2: 2800KgMS/ha.

El valor de los costos por kilogramo de proteína arroja la misma tendencia que las variables analizadas anteriormente.

Tabla 18. Costo proteico a diferentes disponibilidades de MS

	Costo Kg MS	Proteína bruta (g/100g)	Pesos/ Kg Proteína
T1	545,45	0,19	2870
T2	428,57	0,24	1785

T1: 2200 KgMS/ha, T2: 2800KgMS/ha.

Estos indicadores reflejan que el T2 obtiene mayor rendimiento a nivel de costos de producción de la pradera. Llama la atención que no es constante la diferencia porcentual del costo de la MS con respecto al costo energético y proteico ya que la diferencia de precios en el costo por Kg de MS es de 21,4 % menor a favor del T2. Cuando analizamos el costo energético, ya esta diferencia porcentual se reduce a un 10% a favor del T2 pero se observa que el mayor contenido energético

del T1 disminuye los costos entre uno y otro. Con respecto a la proteína hay una mayor diferencia porcentual ( 38,2%) debido a que el contenido proteico es más abundante en el T2 .

A pesar de que el resultado estadístico arrojó diferencias significativas, desde el punto de vista económico hay resultados que benefician el ingreso de dinero adicional al sistema con los mismos costos de producción.

El efecto económico que arrojo la investigación nos muestra que el T1 (2200 KgMS/ha) es un 7,53% más eficiente y rentable que el T2 ( 2800 KgMS/ha) dado a que hubo una mejor respuesta a nivel de aprovechamiento y conversión de nutrientes en el T1.

Tabla 19. Producción promedio semanal de leche y diferencia acumulada.

Semanas	T1	T2	Diferencia (L/vaca/día)	P.L.A. 2200	P.L.A. 2800
1	30,9	29,3	1,6	30,9	29,3
2	31,8	29	2,8	62,7	58,3
3	31,7	29,2	2,5	94,4	87,5
4	31	28,3	2,7	125,4	115,8
5	29,8	27,7	2,1	155,2	143,5

T1: 2200 KgMS/ha, T2: 2800KgMS/ha., Promedio + D.S., el promedio es el resultado de 10 réplicas por tratamiento.  $P < \alpha: 0,05$ , PLA: Producción de leche acumulada.

## 6. CONCLUSIONES

La tasa de sustitución fue afectada por los tratamientos, obteniéndose la menor tasa en la disponibilidad de 2200kgMSha, consecuentemente en este tratamiento se obtuvieron los mayores consumos , volúmenes productivos y concentración de sólidos funcionales, sin embargo no existieron diferencias significativas para las variables volumen de leche y concentración de sólidos funcionales.

Los comportamientos de pastoreo son afectados por la disponibilidad de pradera, lográndose el mayor consumo y menores periodos de descanso, búsqueda de alimento y rumia cuando se ofrecen a los animales praderas más jóvenes con menor contenido de fibra.

Desde el punto de vista económico hay resultados que benefician el ingreso de dinero adicional al sistema con los mismos costos de producción, El efecto económico que arrojó la investigación nos muestra que el T1 (2200 KgMS/ha) es un 7,53% más eficiente y rentable que el T2 ( 2800 KgMS/ha).

## 7. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones es importante ofrecer a los animales una mayor variedad de disponibilidades forrajeras con el objetivo de observar si posibles efectos que no pudieron ser evidenciados en este estudio, puedan afectar la tasa de sustitución, volumen y composición de leche de manera significativa.

Se recomienda realizar estudios en regiones cálidas ya que la información obtenida en este estudio se alcanzó en una zona de paramo de mayor altitud y temperatura. La información que se pueda recolectar sería de gran importancia para poder comparar el comportamiento productivo en diferentes pisos térmicos.

La estimación del consumo aparente es una metodología que permite aproximarse al consumo verdadero de materia seca, sin embargo existen otras metodologías mas precisas que permiten obtener resultados mas veraces sobre el consumo voluntario, se recomienda en otras investigaciones utilizar este tipo de mediciones.

## 8. BIBLIOGRAFIA

Acharan V, Felipe, Balocchi I, Oscar y Lopez C, (2009) Producción de fitomasa y calidad nutritiva de una pradera de *lolium perenne* l./*trifolium repens* l. sometida a tres frecuencias e intensidades de defoliación. *agro sur*, ago. vol.37, no.2, p.81-90.

Albright JL, (1993). Feeding behaviour of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 76:485-498.

Alcoholado, R. A. B. (2006). Efecto de dos niveles de fitomasa de pre y post pastoreo sobre características productivas de una pradera permanente en primavera. [Tesis de grado].

Arias, R. A., Mader, T. L., & Escobar, P. C. (2008). Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. *Archivos de medicina veterinaria*, 40(1), 7-22.

Ames D. 1980. Thermal environment affects production efficiency of livestock. *BioScience* 30, 457-460.

Anrique, R., y O. Balocchi. (1993). Aspectos que determinan la respuesta a la suplementación de animales en pastoreo. Serie Simposios y Compendios N°1. p. 33-50. Sociedad Chilena de Producción Animal, Temuco, Chile

Arias, j. a. p. (2009). efecto de la frecuencia de defoliación y adición de nitrógeno sobre la producción de fitomasa, dinámica de crecimiento y calidad nutritiva de *lolium perenne* l. durante el crecimiento otoñal. [tesis de magister].

Acosta (1998) efectos del pastoreo y fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y calidad de raigrass inglés facultad de agronomía universidad de buenos Aires Invest.Arg.:prod.veg. 13 (1-2).

Balocchi L., O., R. Pulido F., et al. (2002). Comportamiento de vacas lecheras en pastoreo con y sin suplementación con concentrado. *Agricultura Técnica* 62: 87-98.

Bargo F, Muller L, Delahoy, Cassidy (2001) Milk Response to Concentrate Supplementation of High Producing Dairy Cows Grazing at Two Pasture Allowances, Department of Dairy and Animal Science The Pennsylvania State University, University Park 16802. Available online 30 March 2010.

Bargo, F. (2008). Consumo de materia seca en vacas en pastoreo. Paper presented at the Congreso Argentino de Producción Animal, San Luís. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Bargo, F., Muller L, Kolver E, Delahoy J (2003) Production and Digestion of Supplemented Dairy Cows on Pasture, American dairy science association, (2003).

Baruch, Z y Fisher, M. J. 1991. Factores climáticos de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el crecimiento. En: Establecimiento y renovación de pasturas. Conceptos, experiencia y enfoques de la investigación, Red de Investigación y Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT. Colombia pp. 103-142.

Bodisco, V., Valle, A., Mendoza, S., & García, E. (1975). Consumo voluntario de materia seca, peso y producción de vacas lecheras. *Agron. Trop*, 25(6).

Beck, a. y pessot, R. (1992). Producción de leche en praderas permanentes durante la primavera. *Agro sur*. 20 (1) : 34-39.

Borelli, P (2001) Produccion animal sobre pastizales naturaleza cap 5 pp 129-160 En: Ganaderia sustentable en la Patagonia Austral Borrelli, Py G Oliva Ed INTA Reg pat.Sur 269pp.

Buxton, D.R. y Fales, S.L. (1994). Plant environment and quality. En: Forage Quality Evaluation and Utilization. Edited by American Society Agronomy Crop Science Soc. of American, Madison, USA, pp. 155-199. GONZALEZ DUGO, V.; DURAND, J.L.; GASTAL, F.; PICON-COCHARA, C. 2005. Short-term response of the nitrogen nutrition status of tall fescue and Italian ryegrass swards under water deficit. *Australian Journal of Agricultural Research* 56, 1269-1276.

Burns, J.C., Pond, K.R, Fisher, D.s (1991) Effects of grass species on grazing steers: II dry matter intake and digesta kinetics. *J. anim Sci* 69:1199.

Cáceres, O. (2012). Influencia de la fertilización nitrogenada sobre el valor nutritivo y rendimiento de nutrimentos. *Pastos y Forrajes*, 12(2).

Carulla, j. e., cárdenas, e., sánchez, n., & riveros, c. (2004) valor nutricional de los forrajes más usados en los sistemas de producción lechera especializada de la zona andina colombiana.

Caldwell M.M , J. F. Bornman , C. L. Ballaré , S. D. Flint and G . (2007) *Kulandaivelu Terrestrial ecosystems, increased solar ultraviolet radiation, and interactions with other climate change factors*, *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2007,6, 252-266

Canseco M., Carlos y Demanet F., Rolando, (2003) Instituto de agroindustria, Universidad de La Frontera. Casilla 54-D. *comparación de métodos indirectos de estimación de la disponibilidad de forraje en praderas permanentes del sur de Chile*

Carlos Aguirre, O. B., Ruben Pulido, Julian Parga, Francisco Lanuaza. (2010). *Efecto de la oferta de pradera en la respuesta productiva de vacas lecheras en pastoreo primaveral*. XXXV Congreso sociedad chilena de producción animal, 65 - 66.

Castillo Gallegos, Braulio Valles de la Mora, Jesús Jarillo Rodríguez (2009) *Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano*, *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, Vol. 47, N°. 1, 2009 , págs. 79-92

Castro Ramirez Álvaro (2002) *ganadería de leche. Enfoque empresarial*, Asociación de editoriales universitarias de América Latina, Costa Rica, primera edición.

Cañas A, Jhon, Cerón-Muñoz, Mario, & Corrales A, Juan. (2011). *Modelación de curvas de lactancia para producción de leche, grasa y proteína en bovinos Holstein en Antioquia, Colombia*. *Revista MVZ Córdoba*, 16(2), 2514-2520. Retrieved February 18, 2015 .

Ceron, J. M y Correa, J. H (2005). *Bioquímica, nutrición y alimentación de la vaca*. Medellín: Universidad de Antioquia.

Coleman, S. (2005): "Predicting forage intake by grazing ruminants", *Proc. 16th Florida Ruminant Nutrition Symposium*, University of Florida, pp. 72-90.

Cordova , F.J., J.D. Wallace and R.D. Pieper. (1978). *Forage Intake by Grazing livestock: a review*. *J Range Manage* 31:430.

Cunha, w. f. *Métodos para estimativa de massa de forragem em pastagens de Cynodon spp.* Piracicaba-SP, 2002. 58 p. *Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.*

Correa H J, Pabon M L y Carulla J E (2008) Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I - Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 20 (4), Article # 59 Retrieved June 8, 2008

Delaby, L., Peyraud, J.L., Delagarde, R., 2001. Effect of the level of concentrate supplementation, herbage allowance and milk yield at turn-out on the performance of dairy cows in mid lactation at grazing. *Animal Science* 73, 171-181.

Euclides, V. P. B., Cardoso, E. G., Macedo, M. C. M., & Oliveira, M. D. (2000). Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(6), 2200-2208.

Escobar A y Carulla J 2003 Efecto de la oferta de forraje sobre los parámetros productivos y composicionales de la leche en la sabana de Bogotá; *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 16(Suplemento): 74

Faria Marmoll, Jesús, Chirinos, Zuleima y Morillo, David e. (2007) efecto de la sustitución parcial del alimento concentrado por pastoreo con *leucaena leucocephala* sobre la producción y características de la leche y variación de peso de vacas mestizas. *zootecnia trop.*, vol.25, no.4, p.245-251. issn 0798-7269

Faverdin, P., Baratte, C., Delagarde, R., & Peyraud, J. L. (2011). GrazeIn: a model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 1. Prediction of intake capacity, voluntary intake and milk production during lactation. *Grass and Forage Science*, 66(1), 29-44.

Gebauer, j. r. s. (2011) respuesta al nivel de suplementación con concentrado de vacas en lactancia, sometidas a dos ofertas de pradera en otoño.

Forbes, J. M 1998 Feeding behaviour. In Forbes, J. M ., ed. Voluntary feed intake and diet selection in farm animal . CAB internacional, Oxon (uk) Pp.11-37

Giorgio Castellaro G. y Fernando Squella N.(2006) Modelo Simple de Simulación Para la Estimación Del Crecimiento, Fenología y Balance Hídrico de Praderas Anuales de Clima Mediterráneo *Agricultura Técnica (Chile)* 66(3):271-282

Gonzalez dugo, v.; durand, j.l.; gasta, f.; picon-cochara, c. (2005). Short-term response of the nitrogen nutrition status of tall fescue and Italian ryegrass swards under water deficit. *Australian Journal of Agricultural Research* 56, 1269-1276.

Guenni Orlando, José L. Gil, Zdravko Baruch, Liliana Márquez y Carolina Núñez, (2006) respuestas al déficit hídrico en especies forrajeras de *Brachiaria* (Trin.) Griseb. (Poaceae), INCI v.31 n.7 Caracas jul.

Guerrero, A Gálvez Cerón, E Tapia, L Jojoa, J León, D Zambrano, H R Zambrano, V Obando y Y Aux Moreno (2012) Determinación de los factores edafoclimáticos que influyen en la producción y calidad del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en condiciones de no intervención *Livestock Research for Rural Development* 24 (3)

Grainger, C., and G. L. Mathews. (1989). Positive relation between substitution rate and pasture allowance for cows receiving concentrates. *Aust. J. Exp. Agric.* 29:355-360.

Haro, J. M. (2002). Consumo voluntario de forraje de rumiantes en pastoreo. [revision]. *Acta universitaria*, 12, 56 - 63.

Haydock, k.p. & shaw, N.H. (1975) The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* v.15, p. 663-670,

Hernandez Diaz Ambrona, martinez Valderrama, Calvete sogo (2011), modelos de simulacion dinamica del crecimiento y desarrollos del pasto. *universidad politécnica de Madrid. Pastos* (41) 2 127-162.

Herrera, R. S. (2012). Efecto de la fertilización nitrogenada en la calidad de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, rendimiento de materia seca, proteína bruta y porcentaje de hojas. *Pastos y Forrajes*, 8(2).

Hess, H. D., & Lascano, C. E. (1997). Comportamiento del consumo de forraje por novillos en pasturas de gramínea sola y asociada con una leguminosa. *Pasturas Tropicales*, 19(2), 12-20.

Holden, L.A., L.D. Muller, and S.L. Fales. (1994). Estimation of intake in high producing Holstein cows grazing pasture. *J. Dairy Sci.* 77:2332-2340.

Hodgson, J. (1990): "Grazing management. Science into Practice", Longman Handbooks in Agriculture, p. 201.

Humberto Gonzales V, A. O., Luis Piña M, Gonzalo Lopez O. (2010). Efecto de diferentes niveles de suplementacion y oferta de forraje, sobre la conducta de pastoreo de vacas holstein neozelades. [Investigativo]. I Congreso Agroforestal Patagonico, 111 - 112.

Hinostroza, R. G. A. (2004). Efecto del tipo de carbohidrato en el concentrado sobre el consumo y comportamiento ingestivo, en vacas lecheras en pastoreo primaveral.

Inostroza, A. Effect of the type of carbohydrate on the concentrate of food intake of dairy cows on pasture. Arch. med. vet. [online]. 2006, vol.38, n.2

Instituto geográfico Agustín Codazzi (2011) Zonas climatológicas de Colombia.

J.A. Lile, M.B. Blackwell, N.A. Thomson, J.W. Penno, K.A. Macdonald, Jhon Freyre, A. S Laidlaw. (2011) Improved Grassland Management New edition, chapter 21 Pag 270-275 ISBN 978 1 84797 261 3

Jenkins, T. Y Mcguire, M. (2006) Major advances In Nutrition: impact on milk composition. Journal Dairy Science, 89, 1302-1310.

Jordán, H.; Díaz, J.A.; Tuero, O. (2005). Estudio de la suplementación en pastoreo con granulado Jordán. Comportamiento del consumo de granulado con dos cargas en pastoreo. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Sin mes, 159-164.

Jorge Schobitz G, O. B. L., Ruben Pulido F. (2010). Comportamiento del pastoreo de vacas en lactancia suplementadas con tres niveles de concentrado y sometidas a dos ofertas de pradera en otoño. [Investigacion]. XXXV Congreso sociedad chilena de produccion animal, 131 - 132.

Kellaway R, Porta S. 1993. Feeding concentrates supplements for dairy cows. Dairy Research and Development Corporation. Victoria-Department of Agriculture. Melbourne, Australia.

López-Guerrero, Isaías Fontenot, Joseph P.; García-Peniche, Teresa Beatriz. (2011). Comparaciones entre cuatro métodos de estimación de biomasa en praderas de festuca alta. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, Abril-Junio, 209-220

León J, Mojica J E, Castro E, Cárdenas E, Pabón M L y Carulla J 2007 Balance de nitrógeno y fósforo de vacas lecheras en pastoreo con diferentes ofertas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y suplementadas con ensilaje de avena (*Avena sativa*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20: 615

Lösch, R. (1995). Plant water relations. En: *Physiology. Progress in Botany*. V 56 Springer Forlag Berlin 56: 55- 96.

Luis Piña M, H. G. (2010). Producción de leche y sólidos lácteos de vacas holstein neozelandesas sometidas a distintos niveles de suplementación y oferta de forraje. [Investigación]. XXXV Congreso sociedad chilena de producción animal, 115 - 116.

Leaver J.D. 1985. Effects of supplements on herbage intake and performance. In. *Grazing. Occasional Symposium N° 19*. British Grassland Society. 5-7 November. 79-87 p.

M, J. P. (2003). Utilización de praderas y manejo de pastoreo con vacas lecheras. [Revisión]. Seminario hagamos de la leche un mejor negocio.

Mannetje't L (2000). Measuring biomass of grassland. In: Mannetje't L.; Jones, R. M. (ED) *Field and laboratory methods for grassland and animal production research*. Wallingford: CAB International, cap. 7

Mader TL. (2003). Environmental stress in confined beef cattle. *J Anim Sci* 81, E110-E119

Moura Zanine<sup>1</sup>, Edson Mauro Santos (2006), Daniele de Jesus Ferreira (2006) Principales métodos de evaluación de pasturas - Methods main of Evaluation of pastures - Principais métodos de avaliação de Pastagens Vol. VII, N° 11

Minson, D. J. (1990). The measurement of digestibility and voluntary intake of forages with confined animals. In *Wheeler, John L.; Mochrie, RD (eds.). Forage Evaluation and Utilization: An Appraisal of Concepts and Techniques (1980, Armidale, NSW). Forage evaluation: Concepts and techniques: Proceedings of a workshop.*

Mendoza Cesar F,<sup>1</sup> Zoot, Martha Pabón R,<sup>1,2</sup> Ph.D, Juan Carulla F,<sup>1</sup> (2011) Variaciones diarias de la oferta forrajera, efecto sobre la producción y calidad de la leche *Rev.MVZ Córdoba* 16(3):2721-2732, 2011.

Mochiutti, S. (1995). Comportamiento agronómico y calidad nutritiva de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. bajo defoliación manual y pastoreo en el trópico húmedo (Doctoral dissertation, Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica).

Mojica, J. E., Castro, E., León, J., Cárdenas, E. A., Pabón, M. L., & Carulla, J. E. (2009). Efecto de la oferta de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina. *Livestock Research for Rural Development*, 21(1), 1-12.

Montoya Néstor F. , Iván D. Pino, Héctor J. Corre (2004) Evaluación de la suplementación con papa (*Solanum tuberosum*) durante la lactancia en vacas Holstein. *Rev Col Cienc Pec Vol. 17:3*, 2004

Mármoll, J. F., Chirinos, Z., & Morillo, D. E. (2007). Efecto de la sustitución parcial del alimento concentrado por pastoreo con *Leucaena leucocephala* sobre la producción y características de la leche y variación de peso de vacas mestizas. *Zootecnia Tropical*, 25(4), 245-251.

Muñoz, P. A. C. (2005). Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano. [Revision]. *Revista corpoica*, 6(2), 5 - 13.

Mejis, J. A. C., R.J. K Walters and Keen (1982). Sward methods. In: J.D. Leaver (ed). *Herbage Intake Handbook*. The British Grassland Society.

Muller L. (1999). Programa de suplementación de vacas lecheras de alto potencial genético en pastoreo. En: Latrille L. (ed). *Producción Animal*. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Pp 1-19. Chile.

NRC, National Research Council. (1981). *Effect of environment on nutrient requirement of domestic animals*. National Academy Press. Washington DC, USA.

NRC (National Research Council). (1987). *Predicting feed intake of food-producing animals*. Board on Agriculture, National Academy Press, Washington DC, USA.

Nienaber JA, GL Hahn, TM Brown-Brandl, RA Eigenberg. (2003). Heat stress climatic conditions and the physiological responses of cattle. *5<sup>th</sup> International Dairy Housing Proceedings of the 29-31 January Conference*, Fort Worth Texas, USA. ASAE publication N° 701P0203, Pp 255-262.

Ogura, Y. Nagatomo and M. Hirata (2005) Estimation of herbage mass in a bahia grass (*Paspalum notatum*) and a entipede grass (*Eremochloa ophiuroides*) pasture using a capacitance robe, a sward stick and a rising plate. *Tropical Grasslands Volume 39*, 22–30

Ortiz Reinoso y Soto silva Calculo y manejo en poastoreo controlado Nivel de oferta forrajera y utilización de la pastura. (2006)*Veterinaria (Montevideo)* 41 (161-162)

Oliveira, Tatiana N. de; Santos, Mércia V. F. dos; Lira, Mário de A.; Mello, Alexandre C. L. de; Ferreira, Rinaldo L. C.; Dubeux Júnior, José C. B. (2009) Métodos de avaliação de disponibilidade de forragem em clones de *Pennisetum sp.* sob pastejo *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, vol. 2, núm.2. pp. 168-173

Olivo, clair jorge, Pablo Santini, Magnos Fernando, Grasiela R, Ricardo Silveira (2008). Comportamento ingestivo de vacas em lactação em diferentes sistemas forrageiros. *R. Bras. Zootec.* [online]., vol.37, n.11 ISSN 1516-3598.

P.K. Nicholas, J.A.S. Lancaster and M. coulter (2001) Practical use of the rising plate meter (RPM) on New Zealand dairy farms

Pedreira B.C (2007)Estrutura do dosel e acumulo de forragem de brachiaria Brizahnta cultivar xaraes em reposta a estrategias de pastejeo. *Pesquisa agropecuaria brasileira* 42 (2):281-287

Perez, E. L. Q Vera, J.C. Ramirez,. A., L. (2002) Suplementación con *G. sepium*: su efecto en la digestión ruminal y el comportamiento de bovinos en pastoreo intensivo en la época de lluvias. *Pastos y Forrajes*, Vol. 4, No. 1.

Pedro Pablo rodríguez (2004) Bases eco fisiológicas para el manejo de los pastos tropicales, Universidad agraria de la habana Cuba.

Peñuela L., Cardenas J., Mauricio C, Alonso J. (2013) Calibracion del rising plate meter para estimar la disponibilidad de materia seca en praderas mixtas lolium perenne- pennisetum clandestinum, en el municipio de cota, Cundinamarca. Universidad de la salle. Facultad de ciencias agropecuarias.

Pulido, R.; Cerda, M.; Stehr, W. (1999) Efecto del nivel y tipo de concentrado sobre el comportamiento productivo de vacas lecheras en pastoreo primaveral. Arch. Med. Vet. 31(2):177-187

Posada, J. O. S. (2005). Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. Editorial Universidad de Antioquia, Segunda edición. Colombia.

Pulido, R G; Felmer Mojica, J. E., Castro, E., León, J., Cárdenas, E. A., Pabón, M. L., & Carulla, J. E. (2009). Efecto de la oferta de pasto kikuyo (Pennisetum clandestinum) sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina. Livestock Research for Rural Development, 21(1), 1-12.

Quero Adrián Raymundo Carrillo, Javier Francisco Enríquez Quiroz y Leonor Miranda Jiménez (2007) Evaluación de especies forrajeras en América Tropical, avances o status quo, aug 2007, vol. 32 n° 8

R., F. K. (2003). Utilización de praderas y nutrición de vacas a pastoreo. [revision]. Seminario hagamos de la leche un mejor negocio.

ramírez, J., Herrera, R., Leonard, I., Verdecia, D., Álvarez, Y., & Álvarez, Y. (2010). Rendimiento de materia seca y calidad nutritiva del pasto Brachiaria brizantha x Brachairia ruziziensis vc. Mulato en el Valle del Cauto, Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 44, 65-72.

Rayburn, Edward B, Rayburn, Susan (2000) B.A Standardized Plate Meter for Estimating Pasture Mass in On-Farm Research Trials Agron. J. 90: 238–241.

Reyes, J. J., Senra, A., Vidal, I., González, M. R., González, R. M., & Fonte, D. (2005). Efecto de la intensidad de pastoreo en el sistema suelo-planta-animal en condiciones de bajos insumos. Comportamiento de vacas Holstein en pastoreo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39(2), 153-158.

Riquelme, C, & Pulido, RG. (2008). Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre el consumo voluntario y comportamiento ingestivo en vacas lecheras a pastoreo primaveral. *Archivos de medicina veterinaria*, 40(3), 243-249.

Rodriguez pozo Bases ecofisiologicas para el manejo de los pastos tropicales, pastos XXXII (2) 109-137.departamento de producción animal. Universidad agraria de la Habana.

Rook, A. J., Huckle, C. A., & Penning, P. D. (1994). Effects of sward height and concentrate supplementation on the ingestive behaviour of spring-calving dairy cows grazing grass-clover swards. *Applied Animal Behaviour Science*,40(2), 101-112.

Ruiz, F., Karlovsky, J., & Ratera, C. (2011). Fertilización nitrogenada en praderas. *Pastos*, 4(1), 31-41.

Shennan D, Peaker M. (2000) Transport of milk constituents by the mammary gland. *Physiol reviews* 2000; 80:925.

Stakelum, G., Maher, J., Rath, M., (2007). Effects of daily herbage allowance and stage of lactation on the intake and performance of dairy cows in early summer. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 46, 47-61.

Sanchez, P. A., & Camacho, E. (1981). *Suelos del trópico: características y manejo* (No. 48). IICA Biblioteca Venezuela, Primera ediccion, Departamento de la ciencia del suelo, universidad de carolina del Norte .

Signoretto, R. D., Coelho da Silva, J. F., & Valadares Filho, S. C. (1999). Consumo e digestibilidade aparente em bezerros da raça Holandesa alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28(1), 169-177.

Tasneem m ;Kearney G, Reed k. F. M.Leonforte A. (2001) Evaluation of herbage yield in a forage grass breeding program: comparison of visual rating versus measurement in single-row plots or swards, vol. 41, no8, pp. 1161-1166 (21 ref.)

Tarazona, A. M., Ceballos, M. C., Naranjo, J. F., & Cuartas, C. A. (2012). Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias (Colombian journal of animal science and veterinary medicine)*, 25(3), 473-487.

Teuber N, A Abarzúa, V Anwandter, O Balocchi, C Canseco, R Demanet, J Lopetegui, J Parga. (2007). Manejo del Pastoreo. Osorno, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Pp 53-61.

Valencia Posadas, M., Ruíz López, F. D. J., Montaldo Valdenegro, H., Trejo Valdivia, B., F Keown, J., & Van Vleck, L. D. (2012). Estimación de factores de corrección edad-mes de parto para producción de leche en ganado holstein en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 38 (1).

V. Bodisco\*, A. V., S. Mendoza\*, E. Garcia. (1975). Consumo voluntario de materia seca, peso y producción de vacas lecheras. [Científico]. *Agronomía tropical*, 26(6).

Vaz Martins, D. y Bianchi, J. (1996): "Relación entre distintos parámetros de la pastura y el comportamiento animal en pastoreo". En: Utilización de pasturas. Miscelánea 39, La Estanzuela, CIAAB, pp 1-16.

Villareal González, J. A. (2009). Rendimiento y calidad del pasto ovillo al variar la frecuencia e intensidad de pastoreo.

Villafuerte Zea, L. E., Sand, R., Vázquez, E., Molina, G., Díaz, W., Reyes, R., ... & Segura Warnholtz, G. (1998). Sistemas expertos como herramienta para toma de decisiones de manejo en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo bajo de Costa Rica. *3. Reunión Bienal de la Red Latinoamericana de Labranza Conservacionista. San José (Costa Rica). 4-8 Dic 1995.*

Welch JG, AP Hooper. (1988). Ingestión de alimentos y agua. En: Church D (ed). El rumiante fisiología digestiva y nutrición. Pp 117-126. Editorial Acribia. S.A. Zaragoza. España.

White, J y Hodgson, J. (1999). New Zealand Pasture and Crop Science. Auckland. New Zealand. 323 p.

Zebeli, Q., Dijkstra, J., Tafaj, M Steingass, H., Ametj, B y Drochner, W (2008). Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal ph and milk fat production to composition of diet. Journal dairy science, 91,2046-2066.

Zorrilla, j .(1979). Determinacion del consumo voluntario en condiciones de libre pastoreo. En: Manual de tecnicas de investigacion en nutricion de rumiantes. Depto. de nutricion animal. INIP-SARH.

## 9. ANEXOS

### ANOVA Simple - Grasa (g/100g) por Kg MS/ha

Variable dependiente: Grasa (g/100g)

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Grasa (g/100g)

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	3,792	0,327848	8,64579%	3,21	4,17	0,96
2800	10	3,551	0,327226	9,21503%	2,94	3,94	1,0
Total	20	3,6715	0,341934	9,31319%	2,94	4,17	1,23

### ANOVA Simple - Proteína (g/100g) por Kg MS/ha

Variable dependiente: Proteína (g/100g)

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Proteína (g/100g)

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	3,137	0,156066	4,97502%	2,89	3,44	0,55
2800	10	3,103	0,146973	4,73649%	2,89	3,38	0,49
Total	20	3,12	0,148572	4,76193%	2,89	3,44	0,55

## SEMANA 2

### ANOVA Simple - Grasa (g/100g) por Kg MS/ha

Variable dependiente: Grasa (g/100g)

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Grasa (g/100g)

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	3,761	0,385528	10,2507%	3,18	4,17	0,99
2800	10	3,508	0,392224	11,1809%	2,94	3,95	1,01
Total	20	3,6345	0,400151	11,0098%	2,94	4,17	1,23

### ANOVA Simple - Proteína (g/100g) por Kg MS/ha

Variable dependiente: Proteína (g/100g)

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Proteína (g/100g)

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	3,138	0,183473	5,8468%	2,72	3,33	0,61
2800	10	3,121	0,123778	3,96599%	2,9	3,28	0,38
Total	20	3,1295	0,152574	4,87533%	2,72	3,33	0,61

SEMANA 3.

ANOVA Simple - Grasa (g/100g) por Kg MS/ha

Variable dependiente: Grasa (g/100g)

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Grasa (g/100g)

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	3,781	0,361339	9,55669%	3,29	4,19	0,9
2800	10	3,545	0,35939	10,1379%	3,08	3,95	0,87
Total	20	3,663	0,37106	10,1299%	3,08	4,19	1,11

ANOVA Simple - Proteína (g/100g) por Kg MS/ha

Variable dependiente: Proteína (g/100g)

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Proteína (g/100g)

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	3,209	0,271721	8,46746%	2,65	3,55	0,9
2800	10	3,218	0,240684	7,47931%	2,84	3,54	0,7
Total	20	3,2135	0,249869	7,7756%	2,65	3,55	0,9

SEMANA 4

ANOVA Simple - Grasa (g/100g) por Kg MS/ha

Variable dependiente: Grasa (g/100g)

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Grasa (g/100g)

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	3,906	0,300488	7,693%	3,34	4,21	0,87
2800	10	3,657	0,29462	8,05634%	3,08	3,94	0,86
Total	20	3,7815	0,316548	8,37097%	3,08	4,21	1,13

ANOVA Simple - Proteína (g/100g) por Kg MS/ha

Variable dependiente: Proteína (g/100g)

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Proteína (g/100g)

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	3,337	0,378947	11,3559%	2,69	3,84	1,15
2800	10	3,328	0,351625	10,5656%	2,64	3,79	1,15
Total	20	3,3325	0,355822	10,6773%	2,64	3,84	1,2

SEMANA 5

ANOVA Simple - Grasa (g/100g) por Kg MS/ha

Variable dependiente: Grasa (g/100g)

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Grasa (g/100g)

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	3,882	0,405265	10,4396%	3,11	4,37	1,26
2800	10	3,634	0,404206	11,1229%	2,84	4,13	1,29
Total	20	3,758	0,413974	11,0158%	2,84	4,37	1,53

ANOVA Simple - Proteína (g/100g) por Kg MS/ha

Variable dependiente: Proteína (g/100g)

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Proteína (g/100g)

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	3,247	0,358889	11,0529%	2,56	3,99	1,43
2800	10	3,203	0,381402	11,9077%	2,41	3,95	1,54
Total	20	3,225	0,361146	11,1983%	2,41	3,99	1,58

## SEMANA 1

### ANOVA Simple - Semana 1 por Kg MS/ha

Variable dependiente: Semana 1

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

#### Resumen Estadístico para Semana 1

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	29,39	2,12979	7,24664%	27,23	31,73	4,5
2800	10	28,28	2,12979	7,53108%	26,12	30,62	4,5
Total	20	28,835	2,14977	7,45541%	26,12	31,73	5,61

## SEMANA 2

### ANOVA Simple - Semana 2 por Kg MS/ha

Variable dependiente: Semana 2

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

#### Resumen Estadístico para Semana 2

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	30,41	2,12979	7,00358%	28,25	32,75	4,5
2800	10	24,64	2,12979	8,64362%	22,48	26,98	4,5
Total	20	27,525	3,61366	13,1287%	22,48	32,75	10,27

SEMANA 3.

ANOVA Simple - Semana 3 por Kg MS/ha

Variable dependiente: Semana 3

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Semana 3

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	27,56	2,12979	7,72783%	25,4	29,9	4,5
2800	10	23,41	2,12979	9,09777%	21,25	25,75	4,5
Total	20	25,485	2,97145	11,6596%	21,25	29,9	8,65

SEMANA 4.

ANOVA Simple - Semana 4 por Kg MS/ha

Variable dependiente: Semana 4

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Semana 4

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	30,72	2,12979	6,93291%	28,56	33,06	4,5
2800	10	25,95	2,12979	8,20728%	23,79	28,29	4,5
Total	20	28,335	3,207	11,3182%	23,79	33,06	9,27

SEMANA 5.

ANOVA Simple - Semana 5 por Kg MS/ha

Variable dependiente: Semana 5

Factor: Kg MS/ha

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Semana 5

<i>Kg MS/ha</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	27,21	2,12979	7,82723%	25,05	29,55	4,5
2800	10	26,19	2,12979	8,13207%	24,03	28,53	4,5
Total	20	26,7	2,138	8,0075%	24,03	29,55	5,52

Kg de GRASA

ANOVA Simple - Semana 1 por Tratamientos

Variable dependiente: Semana 1

Factor: Tratamientos

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Semana 1

<i>Tratamientos</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	1,167	0,228913	19,6155%	0,81	1,48	0,67
2800	10	1,036	0,206946	19,9755%	0,68	1,35	0,67
Total	20	1,1015	0,222764	20,2237%	0,68	1,48	0,8

ANOVA Simple - Semana 2 por Tratamientos

Variable dependiente: Semana 2

Factor: Tratamientos

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Semana 2

<i>Tratamientos</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	1,198	0,240823	20,1021%	0,81	1,57	0,76
2800	10	1,012	0,210755	20,8256%	0,73	1,34	0,61
Total	20	1,105	0,240033	21,7224%	0,73	1,57	0,84

#### ANOVA Simple - Semana 3 por Tratamientos

Variable dependiente: Semana 3

Factor: Tratamientos

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Semana 3

<i>Tratamientos</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	1,195	0,207163	17,3358%	0,79	1,42	0,63
2800	10	1,035	0,254526	24,5919%	0,65	1,34	0,69
Total	20	1,115	0,240318	21,5532%	0,65	1,42	0,77

#### ANOVA Simple - Semana 4 por Tratamientos

Variable dependiente: Semana 4

Factor: Tratamientos

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

#### Resumen Estadístico para Semana 4

<i>Tratamientos</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	1,202	0,160194	13,3273%	0,94	1,37	0,43
2800	10	1,027	0,167335	16,2936%	0,76	1,29	0,53
Total	20	1,1145	0,182972	16,4174%	0,76	1,37	0,61

#### ANOVA Simple - Semana 5 por Tratamientos

Variable dependiente: Semana 5

Factor: Tratamientos

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

#### Resumen Estadístico para Semana 5

<i>Tratamientos</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	1,151	0,212417	18,455%	0,81	1,5	0,69
2800	10	1,0	0,141107	14,1107%	0,76	1,2	0,44
Total	20	1,0755	0,191846	17,8379%	0,76	1,5	0,74

Kg de PROTEINA

#### ANOVA Simple - Semana 1 por Tratamientos

Variable dependiente: Semana 1

Factor: Tratamientos

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

#### Resumen Estadístico para Semana 1

<i>Tratamientos</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coeficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
---------------------	-----------------	-----------------	----------------------------	---------------------------------	---------------	---------------	--------------

2200	10	0,969	0,195075	20,1316%	0,66	1,15	0,49
2800	10	0,91	0,181659	19,9625%	0,6	1,08	0,48
Total	20	0,9395	0,185939	19,7913%	0,6	1,15	0,55

ANOVA Simple - Semana 2 por Tratamientos

Variable dependiente: Semana 2

Factor: Tratamientos

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Semana 2

<i>Tratamientos</i>	<i>Recuentos</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	0,997	0,178017	17,8553%	0,76	1,27	0,51
2800	10	0,903	0,177078	19,61%	0,64	1,12	0,48
Total	20	0,95	0,179414	18,8857%	0,64	1,27	0,63

ANOVA Simple - Semana 3 por Tratamientos

Variable dependiente: Semana 3

Factor: Tratamientos

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Semana 3

<i>Tratamientos</i>	<i>Recuentos</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	1,012	0,156191	15,4339%	0,71	1,19	0,48
2800	10	0,936	0,202331	21,6165%	0,63	1,17	0,54
Total	20	0,974	0,180187	18,4997%	0,63	1,19	0,56

### ANOVA Simple - Semana 4 por Tratamientos

Variable dependiente: Semana 4

Factor: Tratamientos

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Semana 4

<i>Tratamientos</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	1,026	0,160499	15,6432%	0,75	1,27	0,52
2800	10	0,929	0,136825	14,7282%	0,74	1,11	0,37
Total	20	0,9775	0,153447	15,6979%	0,74	1,27	0,53

### ANOVA Simple - Semana 5 por Tratamientos

Variable dependiente: Semana 5

Factor: Tratamientos

Número de observaciones: 20

Número de niveles: 2

Resumen Estadístico para Semana 5

<i>Tratamientos</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
2200	10	0,964	0,185843	19,2784%	0,65	1,19	0,54
2800	10	0,887	0,154276	17,393%	0,69	1,15	0,46
Total	20	0,9255	0,170864	18,4618%	0,65	1,19	0,54

TASA DE SUSTITUCION.

### One-Way ANOVA - Semana 1 by Tratamientos

Dependent variable: Semana 1

Factor: Tratamientos

Number of observations: 20

Number of levels: 2

#### Summary Statistics for Semana 1

<i>Tratamientos</i>	<i>Count</i>	<i>Average</i>	<i>Standard deviation</i>	<i>Coeff. of variation</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Range</i>	<i>Std. skewness</i>
2200	10	0,37	0,137113	37,0576%	0,23	0,52	0,29	0,174455
2800	10	0,59	0,217868	36,9269%	0,37	0,83	0,46	0,218048
Total	20	0,48	0,210063	43,7631%	0,23	0,83	0,6	1,15443

#### One-Way ANOVA - Semana 2 by Tratamientos

Dependent variable: Semana 2

Factor: Tratamientos

Number of observations: 20

Number of levels: 2

#### Summary Statistics for Semana 2

<i>Tratamientos</i>	<i>Count</i>	<i>Average</i>	<i>Standard deviation</i>	<i>Coeff. of variation</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Range</i>	<i>Std. skewness</i>
2200	10	0,168	0,0661312	39,3638%	0,1	0,24	0,14	0,145223
2800	10	1,31	0,482678	36,8456%	0,82	1,84	1,02	0,197537
Total	20	0,739	0,675004	91,3402%	0,1	1,84	1,74	1,2666

#### One-Way ANOVA - Semana 3 by Tratamientos

Dependent variable: Semana 3

Factor: Tratamientos

Number of observations: 20

Number of levels: 2

#### Summary Statistics for Semana 3

<i>Tratamientos</i>	<i>Count</i>	<i>Average</i>	<i>Standard deviation</i>	<i>Coeff. of variation</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Range</i>	<i>Std. skewness</i>
2200	10	0,734	0,269699	36,7438%	0,46	1,03	0,57	0,194535
2800	10	1,55	0,572829	36,9567%	0,97	2,18	1,21	0,207709
Total	20	1,142	0,604245	52,9111%	0,46	2,18	1,72	1,47725

#### One-Way ANOVA - Semana 4 by Tratamientos

Dependent variable: Semana 4

Factor: Tratamientos

Number of observations: 20

Number of levels: 2

Summary Statistics for Semana 4

<i>Tratamientos</i>	<i>Count</i>	<i>Average</i>	<i>Standard deviation</i>	<i>Coeff. of variation</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Range</i>	<i>Std. skewness</i>
2200	10	0,108	0,0379473	35,1364%	0,07	0,15	0,08	0,248855
2800	10	1,052	0,38841	36,9211%	0,66	1,48	0,82	0,220073
Total	20	0,58	0,553762	95,4763%	0,07	1,48	1,41	1,24254

One-Way ANOVA - Semana 5 by Tratamientos

Dependent variable: Semana 5

Factor: Tratamientos

Number of observations: 20

Number of levels: 2

Summary Statistics for Semana 5

<i>Tratamientos</i>	<i>Count</i>	<i>Average</i>	<i>Standard deviation</i>	<i>Coeff. of variation</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Range</i>	<i>Std. skewness</i>
2200	10	0,802	0,298247	37,1879%	0,5	1,13	0,63	0,207456
2800	10	1,004	0,369239	36,7768%	0,63	1,41	0,78	0,20628
Total	20	0,903	0,342715	37,953%	0,5	1,41	0,91	0,577786