

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFECTO DE LA CONDICIÓN DE LA PASTURA SOBRE EL
PATRÓN DE INGESTIÓN, FERMENTACIÓN RUMINAL Y
PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACAS HOLANDO
PASTOREANDO UNA PRADERA EN BASE A FESTUCA
(*FESTUCA ARUNDINACEA* CV. QUANTUM) DE TERCER AÑO.

por

Felipe Baltazar GUTIÉRREZ ARCE

TESIS presentada como uno
de los requisitos para obtener el
título de *Magister* en Ciencias
Agrarias, opción Ciencias
Animales.

PAYSANDÚ
URUGUAY
Diciembre 2011

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. PhD. Pablo Chilibroste.

Co – director: -----

Ing. Agr. Msc. Diego Mattiauda.

Ing. Agr. Msc. Pablo Soca.

Ing. Agr. Msc. Pablo Boggiano

Ing. Agr. Msc. Walter Ayala

Ing. Agr. Msc. Ana Espasandí

Fecha:

Autor: -----

Ing. Zoot. Felipe Gutiérrez Arce

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
RESUMEN.....	VI
SUMMARY.....	VII
1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2 <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	5
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA	5
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA Y CONDUCTA DE PASTOREO	8
2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA Y FERMENTACIÓN RUMINAL	18
2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA Y PRODUCCIÓN DE LECHE.....	23
2.5 CONDUCTA DE PASTOREO Y FERMENTACIÓN RUMINAL	24
2.6 CONDUCTA DE PASTOREO Y PRODUCCIÓN DE LECHE.....	25
3 <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	28
3.1 LOCALIZACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL.....	31
3.2 SUELO.....	28
3.3 ANIMALES	28
3.4 PASTURA.....	29
3.5 AMBIENTES (Tratamientos)	29
3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	291
3.7 MANEJO DE LOS ANIMALES	31
3.8 DETERMINACIONES.....	32
3.8.1 <u>Clima</u>	32
3.8.2 <u>En la Pastura</u>	32
3.8.2.1. Forraje Disponible	32
3.8.2.2. Composición Botánica	323
3.8.2.3. Tasa de Crecimiento	323
3.8.2.4. Altura de la Pastura.....	324
3.8.3 <u>En el alimento</u>	34
3.8.4 <u>En los animales</u>	355
3.9 PROTOCOLO EXPERIMENTAL.....	388
3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	40
3.10.1 <u>Pastura</u>	400
3.10.2 <u>Animales</u>	4040
3.10.2.1 Vacas fistuladas.....	40
3.10.2.2 Vacas no fistuladas.....	44

4	<u>RESULTADOS</u>	455
4.1	INVIERNO – ESTACIÓN I	45
4.1.1	<u>Clima</u>	45
4.1.2	<u>Pastura</u>	45
4.1.3	<u>Conducta de Pastoreo</u>	54
4.1.3.1	Tasa de Bocado (TB).....	54
4.1.3.2	Frecuencia de visitas a cada zona.....	55
4.1.3.3	Actividad de pastoreo (Tiempo de pastoreo en proporción).....	58
4.1.3.4	Actividad de pastoreo.....	59
4.1.4	<u>Fermentación ruminal</u>	60
4.1.4.1	pH.....	60
4.1.4.2	Concentración de nitrógeno amoniacal [N-NH ₃].....	61
4.1.5	<u>Producción de leche</u>	63
4.1.6	<u>Relaciones entre conducta de pastoreo con fermentación ruminal y producción de leche</u>	64
4.2	PRIMAVERA – ESTACIÓN II	65
4.2.1	<u>Clima</u>	65
4.2.2	<u>Pastura</u>	66
4.2.3	<u>Conducta de Pastoreo</u>	74
4.2.3.1	Tasa de Bocado	74
4.2.3.2	Frecuencia de visitas a cada zona.....	75
4.2.3.3	Actividad de pastoreo (Tiempo de pastoreo en proporción).....	78
4.2.3.4	Actividad de pastoreo.....	78
4.2.4	<u>Fermentación ruminal</u>	80
4.2.4.1	pH.....	80
4.2.4.2	Concentración de nitrógeno amoniacal [N-NH ₃].....	81
4.2.5	<u>Producción de leche</u>	82
4.2.6	<u>Relaciones entre conducta de pastoreo con fermentación ruminal y producción de leche</u>	84
5	<u>DISCUSIÓN</u>	85
5.1	ESTACIÓN I – INVIERNO	85
5.1.1	<u>Pastura</u>	85
5.1.2	<u>Fermentación ruminal</u>	89
5.1.2.1	pH.....	89
5.1.2.2	Concentración de nitrógeno amoniacal [N-NH ₃].....	90
5.1.3	<u>Producción de leche</u>	91
5.1.4	<u>Relaciones entre conducta de pastoreo con fermentación ruminal y producción de leche</u>	91
5.2	PRIMAVERA – ESTACIÓN II	92
5.2.1	<u>Pastura</u>	92
5.2.2	<u>Fermentación ruminal</u>	95
5.2.2.1	pH.....	95

5.2.2.2	Concentración de nitrógeno amoniacal [N-NH ₃]	95
5.2.3	<u>Producción de leche</u>	96
5.2.4	<u>Relaciones entre conducta de pastoreo con fermentación ruminal y producción de leche.</u>	96
6	<u>CONCLUSIONES</u>	98
7	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	100
8	<u>ANEXOS</u>	113

RESUMEN

El objetivo fue describir las características de la pastura en una pradera con base festuca (tercer año) sometida a diferentes intensidades de pastoreo (IP) en su segundo año, y analizar la respuesta del comportamiento durante el pastoreo, la fermentación ruminal y la producción de leche de vacas Holando. Se llevó a cabo en Paysandú (Uruguay) durante invierno y primavera del 2009 con una duración de 30 días en cada estación. La pastura utilizada fue *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*. Las IP en la pradera (segundo año): alto, media y bajo, resultaron en tres Ambientes: A3, A2 y A1, respectivamente (tercer año). Además presentaron tres zonas con diferente profundidad de suelo: alta – medianamente profundo, superficial – poco profundo y baja – muy profundo. Los Ambientes se caracterizaron por la altura y composición botánica de la pastura y analizados por componentes principales. Se utilizaron tres vacas fistuladas de primera lactancia, que pastorearon durante 7 días por ambiente, y se analizó con diseño cuadrado latino. En Invierno, los Ambientes generados afectaron el porcentaje de proteína consumida en la pastura ($p < 0,05$) y el tiempo de pastoreo (TP; $p < 0,05$). La tasa de bocado (TB) no sufrió efecto del Ambiente ($p = 0,20$) pero sí de la zona ($p < 0,05$). El Ambiente afectó la concentración de nitrógeno amoniacal ($[N-NH_3]$) ($p < 0,05$) pero no afectó el pH ruminal ($p = 0,88$) ni la producción de leche ($p = 0,25$). En Primavera, los Ambientes generados afectaron el porcentaje de ceniza consumida en la pastura ($p < 0,05$), la TB ($p < 0,05$) (que también sufrió efecto de la zona; $p < 0,05$). El TP mostró valores muy cercanos a 1, en la zona y el Ambiente. No hubo efecto del Ambiente sobre el pH ruminal ($p = 0,88$) pero sí de la hora ($p < 0,05$). El Ambiente no presentó efecto en la $[N-NH_3]$, pero sí en la producción de leche ($p < 0,05$). Las características de la pastura consumida se vieron relacionadas con el patrón de ingestión, fermentación ruminal y producción de leche, haciendo de suma importancia su consideración.

Palabras clave: caracterización pradera, componentes principales, comportamiento ingestivo, ambiente ruminal, respuesta productiva.

SUMMARY

STATUS EFFECT OF PASTURE ON THE PATTERN OF INTAKE, RUMINAL FERMENTATION AND MILK PRODUCTION OF HOLSTEIN COWS GRAZING A MEADOW BASED TALL FESCUE (*Festuca arundinacea* CV. QUANTUM) THIRD YEAR

The objective was to describe the characteristics of the pasture in meadow fescue based (third year) subject to different grazing intensities (GI) in its second year, and analyze the response during grazing behavior, ruminal fermentation and production of Holstein milk cows. Was carried out in Paysandu (Uruguay) during winter and spring of 2009 with a duration of 30 days in each season. The pasture used was *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* and *Lotus corniculatus*. The GI on the meadow (second year): high, medium and low, resulted in three Environments: E3, E2 and E1, respectively (third year). Also presented three zones with different soil depth: high (moderately deep), superficial (shallow) and low (very deep). The Environment were characterized by the height and botanical composition of pasture and analyzed by principal components. We used three fistulated cows in first lactation that grazed Environment for 7 days, and analyzed by Latin square design. In winter, the generated Environments affected the percentage of protein consumed in the pasture ($p<0.05$) and grazing time ($p<0.05$). The Environments did not affect the bit rate (BR) ($p=0.20$) but the zone affected ($p<0.05$). The Environment affects the concentration of nitrogen ($[N-NH_3]$) ($p<0.05$) but did not affect ruminal pH ($p=0.88$) and did not affect milk production ($p=0.25$). In Spring, the generated Environments affected the ash percentage in the pasture consumed ($p<0.05$), the BR ($p<0.05$) (who also had the effect of zone, $p<0.05$). Grazing time showed values close to 1, in the

zone and the Environment. There was no effect of Environment on ruminal pH ($p=0.88$) but the time affected ($p<0.05$). The Environment no effect the $[N-NH_3]$, but affected the milk production ($p<0.05$). The characteristics of the pasture consumed were related to the pattern of intake, ruminal fermentation and milk production, making important consideration.

Keywords: characterization meadow, principal components, feeding behavior, ruminal environment, productive response.

1 INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, en países como Australia, Nueva Zelanda y Reino Unido, las decisiones de manejo del pastoreo con vacas lecheras se implementa en base a funciones de respuesta que relacionan intensidad de pastoreo y/o atributos de la pastura con consumo de forraje y producción de sólidos (Hodgson y Da Silva, 1999; Holmes, 1987) así como con los procesos fermentativos (Gibb *et al.*, 1997).

En el caso de Uruguay, donde predomina el sistema pastoril, éste se sustenta en función de la cantidad y calidad de forraje producido, de la capacidad del animal para cosecharlo y utilizarlo eficientemente y del manejo que el productor haga de los recursos a su disposición (Peyraud y Delaby, 2001), considerando el efecto que ejercen las estaciones sobre la actividad agropecuaria, especialmente en la producción forrajera (Carámbula, 1991). Es necesario entonces, conocer las características cuantitativas y estructurales de la pastura porque presentan un mayor efecto en la respuesta animal que en el valor nutritivo del forraje debido a que modifica el comportamiento ingestivo a través del mayor consumo de materia seca (Acosta *et al.* 2006).

La pastura como parte importante de la alimentación animal también juega un rol importante en los procesos de fermentación. Orskov citado por Rotger, 2005 menciona que el número relativo de las diferentes especies de microorganismos en el rumen dependerá de la composición y estructura de la dieta, así como de las múltiples interacciones entre ellos. Macitelli *et al.* (2003) concluye afirmando que tanto el pH como la $[N-NH_3]$ en el ambiente ruminal son factores importantes que deben tenerse en cuenta para una mejor utilización de nutrientes por parte de los microorganismos del rumen

Además todo buen manejo implica el conocimiento detallado de los factores que se ven involucrados, y dados los sistemas productivos que se dan en Uruguay, el manejo del forraje debería estar implicado de manera importante en los resultados que se darán *a posteriori*. Mattiauda *et al.* (2009), afirma que la dominancia de

especies forrajeras anuales y la intensidad de defoliación (ID) de los recursos forrajeros explica gran parte del reducido impacto de la producción forrajera en los niveles de producción de leche. No debemos olvidar también que la calidad de la pastura afectará la composición de la leche en la medida que altere el plano nutricional de las vacas (Rearte, 1992). Esto hace imprescindible aumentar el conocimiento científico sobre los mecanismos involucrados en la relación planta - animal (Robinson *et al.*, 1999; Soca *et al.*, 2008).

La interacción planta – animal explica también los procesos fermentativos (Gibb *et al.*, 1997). Éstos procesos y en general, las características del medio ruminal, vienen siendo estudiados ya desde hace algún tiempo, a nivel internacional (Yokohama y Johnson, 1988; Rotger, 2005; Vargas *et al.*, 2007) y nacional (Bacchetta *et al.*, 2003; Pérez, 2006; Cajarville, *et al.*, 2007). Sin embargo, la sensibilidad de la cinética ruminal exige ser más específicos al analizar factores que estimulan la respuesta de estos procesos; sobre todo factores con los que nuestra región se vea más identificado (clima, manejo del sistema productivo, características de la pastura).

En Uruguay, donde el sistema pastoril es predominante y donde además la producción de leche es la segunda actividad en producción ganadera ya que representa el 12 % del producto bruto agropecuario (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, 2003), se hace de suma necesidad conocer los mecanismos de respuesta animal ante el paisaje al que es expuesto. Chilbroste *et al.* (1999) menciona que en sistemas esencialmente pastoriles como el nuestro, es la interfase planta – animal la que determina en gran medida, los resultados físicos y económicos. Silva *et al.* (2006) afirma que el estudio del comportamiento ingestivo es una herramienta de gran importancia porque nos posibilita ajustar el manejo alimenticio de rumiantes y así obtener una mejor performance. En el caso de la vaca lechera específicamente, el conocimiento del comportamiento ingestivo de bovinos lecheros puede ser utilizado por los productores de forma que puedan maximizar la productividad (Albright, 1993).

Por lo mencionado, existe la necesidad de conocer las variaciones de la pastura para mantener una aceptable productividad, tanto de la pastura como del animal (Acosta et al., 2006).

Es por ello que el objetivo general de este trabajo fue describir las características de la pastura en una pradera de tercer año con base festuca (sometida a diferentes intensidades de defoliación en su segundo año) y analizar las variables de patrón de respuesta en comportamiento durante el pastoreo, fermentación ruminal y producción de leche de vacas Holstein.

Objetivos específicos:

- Describir cuantitativamente y comparar las condiciones de la pastura en una pradera de tercer año, como efecto de la interacción del manejo diferencial (intensidad de defoliación) y características climáticas durante el segundo año.

- Estudiar el efecto de las condiciones de la pastura generados sobre la conducta de pastoreo (TB, TP y tiempo de rumia – TR), el patrón de fermentación ruminal (pH, concentración de amonio y concentración de ácidos grasos volátiles) y el comportamiento productivo del animal (en términos de cantidad y calidad de leche) de vacas Holstein.

- Estudiar la relación entre el patrón de ingestión y el patrón de fermentación ruminal (pH, concentración de ácidos grasos volátiles y concentración de amonio).

- Estudiar la relación entre la conducta de pastoreo y la producción de leche (en términos de cantidad y calidad).

Hipótesis

- La condición de la pastura influirá sobre la conducta de pastoreo, patrón de fermentación ruminal y producción de leche de vacas Holstein,

✓ *A mayor altura de la pastura se obtendrán menores TB y TP.*

- ✓ *Mayores alturas de la pastura resultará en un menor pH ruminal.*
- ✓ *Altos niveles de proteína en la pastura consumida, dará como resultado mayores niveles en la concentración de nitrógeno amoniacal.*
- ✓ *Una mayor altura de la pastura permitirá obtener una mayor producción de leche.*
- Mayores TB dan como respuesta menor TR y bajos valores de pH ruminal.
- Mayores TR permiten obtener mayores concentraciones de grasa en la leche.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA

Varios autores que han realizado trabajos sobre pasturas mencionan la dificultad y limitaciones que se presentan para caracterizarla y/o describirla. Para Galli *et al.* (1996) resulta insuficiente caracterizar las pasturas a través de datos globales de biomasa total, altura del canopeo y digestibilidad cuando se trata de estimar el comportamiento ingestivo o el consumo en pastoreo dado que la estrecha relación e interdependencia entre biomasa, altura, cobertura y densidad determina que no es factible cambiar una sola variable sin modificar al menos una de las restantes; consecuentemente será muy difícil imaginar los efectos de los cambios en una variable ya que situaciones aparentemente similares pueden determinar comportamientos muy distintos y viceversa, es decir que situaciones aparentemente distintas determinarán comportamientos muy similares. Chapman *et al.* (2007) afirman que las pasturas cultivadas son complejas y para cumplir los objetivos de las investigaciones realizadas con ellas es necesario desarrollar un conocimiento crítico de la ecología de la planta. Prueba de esta complejidad son las variaciones observadas en el estudio del rendimiento de una pradera (Carámbula,1991), donde los coeficientes de variación van aumentando conforme avanza su ciclo productivo obteniéndose valores de hasta 40 % y 80 % en el tercer y cuarto año de la pradera respectivamente. Mejía-Haro *et al.* (2003) encontraron que la pradera presentó un dinamismo marcado en su calidad y aporte nutricional. García (1995), afirma que existen importantes variaciones en cantidad y calidad de forraje en el perfil de una pastura en un momento dado. Por ello se hace necesaria la determinación de parámetros productivos de la pradera para poder proponer criterios de presupuestación forrajera.

A pesar de esta complejidad es necesario describirla para acercarnos a conocer su dinámica de comportamiento y su efecto sobre el animal, es por ello que algunos autores han propuesto algunas formas de describirla, como Galli *et al.* (1996) que afirma que la estructura de la pastura se puede describir a través de la biomasa área, la altura, la cobertura y la densidad de forraje en los distintos estratos. Cangiano (1996) menciona que existen otros factores a considerar en la descripción del componente “planta”, y habla en términos de cantidad y carácter de forraje disponible, comprendiendo al carácter los factores que afectan la calidad potencial, como la composición química, las características estructurales y forma de presentación del forraje al animal. Estos factores interactúan en la mayoría de las situaciones experimentales y en condiciones reales, determinando que la importancia de cada uno de ellos sea sumamente variable (Cangiano, 1996). Partiendo de este componente, “planta”, existen parámetros que nos permiten conocer el comportamiento de la pastura y consecuentemente plantear un modelo predictivo de producción y/o utilización del forraje presente. Entre estos parámetros podemos mencionar la altura de la pastura, que en algunos estudios sobre conducta de pastoreo es expresada como altura del tapiz, el cual se refiere a la altura de la superficie superior del canopeo de hojas en una pastura imperturbada (Hodgson y Brookes, 1999). Esta no deja de ser el indicador más útil para propósitos de manejo ya que con mucha facilidad nos ayuda a predecir la respuesta ya sea del animal como de la pastura (Hodgson, 1990) y al mismo tiempo es considerada como la variable de la pastura más directamente asociada al peso de bocado y al consumo (McGilloway *et al.*, 1999). Otro parámetro importante es la disponibilidad de la pastura, que junto a variaciones en su estructura, hacen que se le presente al animal un tapiz con determinadas características, que se relacionan con cambios en comportamiento ingestivo (Acosta *et al.*, 2006). Y por último la composición botánica, por su efecto sobre la productividad de la pradera (Gastó y Contreras, 1979).

La estación de año también juega un rol importante en la variabilidad de los resultados con pasturas. En las regiones de clima templado la producción de pastura declina o cesa en invierno mientras que en las regiones tropicales la falta de lluvia

restringe el crecimiento en algunas o varias estaciones secas (Wright *et al.*, 1996). Además, en trabajos realizados por Burgueño (1997), concluye que el efecto de las estaciones está relacionado a la disponibilidad de forraje de la pastura así como al estado fenológico y la distribución vertical de la materia seca (MS). En la figura 1 podemos ver los resultados obtenidos en un ensayo realizado por García (1995) en una pradera con asociación gramínea – leguminosas y muestreos tomados en invierno y primavera. Las ecuaciones fueron diferentes, respondiendo a pasturas y estaciones distintas. Las de primavera tuvieron un mayor coeficiente de regresión (166 kg MS/ha en comparación a la de invierno con 104 kg MS/ha) por su mayor contenido de gramíneas y también por su efecto estacional que hicieron variar la estructura de las plantas, tendiendo a aumentar, ambos factores, la densidad en estratos superiores.

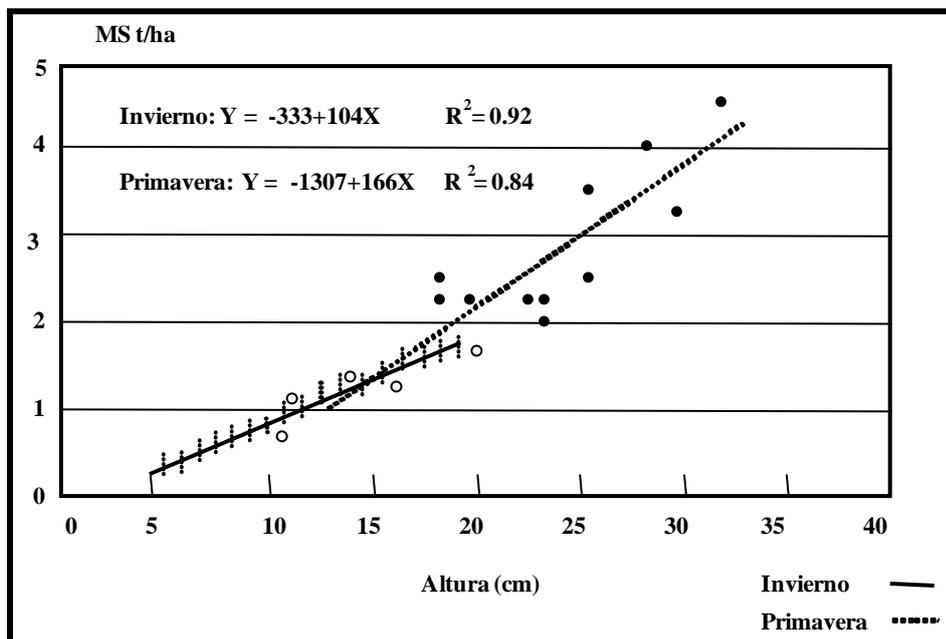


Figura 1: Relación entre altura de la pastura y cantidad de forraje por encima de 5 cm, en dos estaciones del año (García, 1995).

En diferentes trabajos se ha hecho referencia al dinamismo que se da en la calidad y aporte nutricional de la pradera en su ciclo productivo dado que se encontró que al avanzar el estado fenológico de la pradera, se observó una tendencia a incrementar el contenido de MS, fibra cruda (FC), fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) y a disminuir el contenido de proteína cruda (PC), digestibilidad de la materia seca (DMS) y de la materia orgánica (DMO), materia orgánica digestible en la materia seca (MODMS) y (energía metabolizable) EM (Cangiano, 1996; Mejía-Haro *et al.* 2003).

Es claro entonces que se hace necesario mayor precisión en el conocimiento de la oferta de energía y nutrientes del forraje, y de sus variaciones debidas al estado de crecimiento de la pastura (Acosta *et al.*, 2006), porque pese a su complejidad, antes mencionada, es sumamente beneficiosa por tener el potencial para producir cantidades sustantivas de hojas verdes de alto valor nutritivo y sostener altas cargas animales y productividades secundarias (Acosta *et al.*, 2006).

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA Y CONDUCTA DE PASTOREO

En condiciones de pastoreo se producen interacciones entre las plantas y el animal, las que influyen cualitativa y cuantitativamente en el consumo de nutrientes. Las características químicas y estructurales del pasto, la composición botánica y las prácticas de manejo, entre otros, regulan el consumo y con ello, el comportamiento animal (Gutiérrez *et al.* 2005).

El pastoreo es el proceso en el cual el animal consume plantas para adquirir energía y nutrientes. A nivel de ecosistema involucra el flujo de energía desde niveles tróficos inferiores (organismos productores y descomponedores) y afecta la tasa y patrón del flujo de energía hacia niveles tróficos superiores al modificar la disponibilidad de nutrientes (Briske *et al.*, 1991). También se lo puede definir como la búsqueda (relevamiento, reconocimiento y decisión) de los sitios de alimentación

y que una vez encontrado, el animal toma uno o más bocados, donde sus características (del bocado) determinarán su tiempo de manipulación (reunir el forraje dentro de la boca, arrancarlo, masticarlo y tragarlo) (Galli *et al.*, 1996).

Si bien ya hace algunos años, a nivel internacional (Albright, 1993; Bailey *et al.*, 1996; Gibb *et al.*, 1997; Chapman *et al.*, 2007), regional (Gomes, 1991; Cangiano *et al.*, 1996; Galli *et al.*, 1996) y nacional (Chilibroste, 2007; Soca *et al.*, 2008) se viene trabajando en analizar los factores de la pastura que afecten el consumo de rumiantes en pastoreo, haciendo especial énfasis en los mecanismos involucrados en la cosecha de alimento y su relación con la estructura de la pastura (Galli *et al.*, 1996), es necesario profundizar aún más en conocer las características del tapiz a la que el animal es sometido ya que es fundamental para poder conocer las respuestas que tanto el animal como la pastura van a presentar. Fortes *et al.* (2004) afirma que el desarrollo morfofisiológico de los pastizales se ve afectado en gran medida por la defoliación, específicamente por el pastoreo. Además los cambios en la cantidad, la calidad (características físicas y químicas) y la distribución del forraje disponible tienen un efecto importante sobre la respuesta animal, ya que las variaciones en cualquiera de estas variables afecta el área, la profundidad y el peso de bocado, pero la magnitud y dirección de la respuesta es compleja y muchas veces difícil de predecir (Galli *et al.*, 1996). French *et al.* (2001), al estudiar el efecto de la suplementación con diferentes fuentes de carbohidratos en distintas ofertas de forraje en otoño en las características de la digestión ruminal, afirma que ante una mayor disponibilidad de masa de forraje presente, los animales tuvieron la oportunidad de seleccionar la pastura con mayor digestibilidad. Cangiano (1996) menciona a la digestibilidad, la composición química, las especies, la cantidad y madurez del forraje como algunos de los factores de la pastura que determinan el consumo y que en la mayoría de las situaciones experimentales y en condiciones reales manifiestan una marcada interacción determinando que la importancia relativa de cada uno de ellos sea sumamente variable. Se hace necesario entonces conocer las características cuantitativas y estructurales de la pastura porque presentan un mayor efecto en la respuesta animal que en el valor nutritivo del forraje ya que modifica el

comportamiento ingestivo a través del mayor consumo de materia seca (Acosta *et al.* 2006), sobre todo en sistemas lecheros donde la pastura juega un papel fundamental en la eficiencia productiva (Peyraud y Delaby, 2001).

Los sistemas pastoriles se caracterizan por ser sumamente complejos, ya que a la heterogeneidad natural, con variaciones espacio-temporales en la distribución de distintos factores bióticos (cantidad y calidad de forraje) y abióticos (agua, topografía, abrigo y sombra), se suman las restricciones impuestas por el manejo humano (Bailey *et al.*, 1996). Para Cangiano (1996) el consumo de forraje en los animales en pastoreo está determinado por factores relacionados al animal, la pastura, el manejo y el ambiente. Todos estos factores condicionan el uso que el animal hace del ambiente para las distintas actividades de pastoreo, rumia, descanso y relaciones sociales y modifica sus patrones de movimiento y uso del espacio (Chapman *et al.*, 2007).

Surge entonces la necesidad de proponer un modelo más detallado que explique más específicamente la conducta de pastoreo del animal. Bailey *et al.* (1996) propusieron un modelo que jerarquiza el patrón de pastoreo de herbívoros: se identificaron 6 escalas jerárquicas, determinadas por las características del comportamiento y al tiempo dedicado en cada escala. La escala espacio-temporal más pequeña corresponde al bocado, definida como la secuencia de prehensión del forraje mediante movimientos de mandíbula y lengua y finaliza con el movimiento de la cabeza (Laca *et al.*, 1994). La estación de pastoreo se establece cuando el animal deja de caminar, baja su cabeza y come una planta (Stuth, 1991). Se describe como un semicírculo hipotético de plantas disponibles en frente del animal, que es posible alcanzar sin mover las patas delanteras (Bailey *et al.*, 1996). Un parche es un agregado de estaciones de pastoreo, separado de otros parches por una detención en la secuencia del pastoreo, cuando el animal busca dirigirse a un nuevo lugar (Bailey *et al.*, 1996). Los sitios de pastoreo, corresponden a la escala espacial en la cual se lleva adelante una sesión de pastoreo, definida como cambios en el comportamiento, pasando del pastoreo al descanso, rumia u otra actividad distinta al pastoreo (Bailey *et al.*, 1996). El área de pastoreo consiste en áreas centrales próximas donde los

animales descansan y beben agua (Bailey *et al.*, 1996). Y finalmente encontramos a la región de pastoreo. Cuando se trata de escalas espacio temporales mayores, las decisiones que tome el animal tendrán potencialmente mayor impacto sobre los procesos de pastoreo debido a que ocurren con poca frecuencia y determinan procesos a niveles inferiores (Bailey *et al.*, 1996). Al mismo tiempo los efectos del comportamiento a niveles jerárquicos inferiores podrán ser usados por el animal para desarrollar expectativas sobre las escalas superiores a través del uso de la memoria espacial. Así, los herbívoros integran información del comportamiento a niveles inferiores (bocado, estación de pastoreo y parche) para poder evaluar las alternativas a niveles mayores (sitios, áreas y regiones de pastoreo) (Bailey *et al.*, 1996).

El comportamiento ingestivo en pastoreo depende de las reacciones del animal a las variables de la interfase de éste con la planta (Galli *et al.*, 1996), esto implica la capacidad de los animales en pastoreo para modificar su comportamiento ingestivo cuando es requerido, con la finalidad de mantener un determinado nivel de consumo diario de forraje. Es justamente, en el componente “animal” donde intervienen distintos “mecanismos”, como el mecanismo de bocados y de distensión; el primero presenta un límite superior para el número y peso de bocados, y el de distensión asume un límite de llenado ruminal que cuando es alcanzado determina el consumo por el tiempo de retención (Cangiano 1996).

Un factor que explica mucho del comportamiento de pastoreo es la selectividad (Galli *et al.*, 1996), que fue definida como la remoción de algún o algunos componentes de la pradera, ya sean plantas o partes de ellas por sobre otras (Hodgson, 1979). Esta se diferencia de preferencia, la cual se define como la acción de discriminar entre los componentes disponibles, sin restricción, presentes en un pastizal (Hodgson, 1979). Soca (2006) al respecto afirma que la búsqueda y selección abarcan en el movimiento del animal en el ambiente procesos cognitivos y sensoriales que hacen a la decisión de tomar un bocado en un lugar específico de la pastura. Es por ello que la selectividad no es un factor inherente al animal sino que depende también de la pastura. El que un animal sea capaz de expresar su selectividad o no, depende de las características de la pastura y del manejo del

pastoreo. Para Galli *et al.* (1996) la selectividad varía mucho con la heterogeneidad de la pastura, ya que para que un animal seleccione un bocado y rechace otro tiene que ser capaz de diferenciarlo, identificarlo y tomarlo, y se asume que cuando el animal pastorea busca los sitios de alimentación mientras camina ya que del total de esos sitios el animal selecciona unos y rechaza otros. Los atributos de la pastura posibilitarían que se exprese mejor la selectividad. Consecuentemente en pasturas que ofrecen bocados pequeños el tiempo de búsqueda sería limitante, mientras en aquellas que ofrecen bocados más pesados lo sería el tiempo de masticación (Galli *et al.*, 1996). Cabe mencionar que los rumiantes son animales selectivos y el contenido de nutrientes que consumen es usualmente diferente al contenido de nutrientes ofrecido por la pastura (Minson, 1990).

El bocado fue definido como el acto de arrancar una cantidad de pasto por parte del animal, ignorando los movimientos de la quijada asociados inicialmente con la colocación del pasto en la boca y con la manipulación de este dentro de ella antes de tragarlo; y se inserta en el proceso de pastoreo al ser tomado (uno o varios) por parte del animal cuando este encuentra el sitio de alimentación (Galli *et al.*, 1996).

La TB y TP pueden ser medidos visualmente o automáticamente (Forbes, 1988). La estimación visual de la TB requiere el registro de movimientos de la cabeza y sonidos asociados a la prehensión de la pastura. La medición visual para el TP está basada en registros de la actividad de pastoreo a diferentes intervalos (Rook, 2000). Rutter *et al.* (1997) desarrollaron un método para registrar la conducta de pastoreo automáticamente el cual tienen diversas ventajas como el escaso número de personas requeridas, menos operadores asociados a menor error, y un mayor detalle de la información (Champion *et al.*, 1998).

La TB hace referencia al número de bocados que el animal en pastoreo realiza durante una determinada unidad de tiempo y por ello la hace un componente sensible en la conducta de pastoreo. Soca *et al.* (2002) afirman que a medida que transcurre la sesión de pastoreo los animales buscan y caminan con mayor intensidad, lo que provoca una reducción en la velocidad de consumo y por ende en la TB. Gibb, citado por Chilibroste *et al.* (1999) ve en el aumento del número de los intervalos cortos

para la toma de un bocado hacia el final de la sesión de pastoreo, una explicación para la disminución en la TB conforme transcurre la sesión de pastoreo.

Algunos autores también consideran que la TB está limitada por la velocidad del movimiento mandibular al masticar el bocado, dado por la morfología mandibular de cada animal; pero por debajo de cierto nivel, es la estructura de la pradera la que podría empezar a involucrarse ejerciendo una interacción (Galli *et al.*, 1996). Hodgson (1990), afirma que las modificaciones en la TB se dan en respuesta directa a cambios en la pastura y no a un intento del animal por compensar el menor peso de bocado, ya que el “costo fijo”, que es el tiempo de aprehensión, provocaría que aún cuando la TB aumente (menores tiempos de masticación), la tasa de consumo se reduzca y es justamente este mecanismo el que explicaría por qué la TB no tiene efecto compensador capaz de mantener la velocidad de ingesta frente a una reducción del peso de bocado. Algunos autores ven explicada la relación negativa entre la TB con la biomasa y altura de la pastura en el peso de bocado, principalmente porque la relación entre los movimientos de aprehensión y los movimientos mandibulares totales aumenta a medida que crece el peso del bocado (Galli *et al.*, 1996). Black y Kenney (1984), trabajando con ovejas, encontraron que la tasa de movimientos mandibulares durante el pastoreo fue prácticamente insensible a las características de la pastura, donde los movimientos de prehensión representaron el 20 % de los movimientos mandibulares totales, cuando el consumo por bocado fue de 200 mg de MS, mientras que llegaron al 80 % de los movimientos mandibulares totales con pasturas de poca altura y muy distribuida espacialmente. Laca *et al.*, citados por Chilibroste (1999) encontraron que no siempre un aumento en el peso de bocado irá acompañado por disminución en la TB, ya que existe un rango de pesos de bocados (0,5 a 1,5 g/bocado) dentro del cual el animal es capaz de superponer aprehensión con masticación (movimientos mandibulares compuestos = MMC). También se han obtenido los mismos resultados con trabajando con rangos más amplios del peso de bocado. Gibb *et al.* (1997) obtuvieron para vacas en pastoreo continuo de rye grass, una disminución de la MB de 0,31 g materia orgánica (MO)/bocado en alturas de 7 ó 9 cm a 0,23 g MO/bocado en alturas de 5 cm,

mientras que ni la TB (76 bocados/min) ni el TP (604 min/día) fueron afectados por la altura de la superficie de la pastura. McGilloway *et al.* (1999) encontraron una disminución en la MB de 1,28 a 0,66 g MS/bocado en un experimento con reducciones en la altura de la superficie de la pradera (de 21 a 7 cm) y de 1 a 0,66 g MS/bocado en un segundo experimento con reducciones en la altura de la superficie de la pradera (de 11 a 6 cm), mientras que la TB no fue afectada (56 bocados/min en experimento 1; 62 bocados/min en experimento 2).

Hodgson (1981) especuló además que la profundidad de bocado puede ser la variable que determina la reducción en la tasa de consumo cuando la altura es reducida. Trabajos más detallados confirmaron que la profundidad de bocado está muy relacionada a la altura de la pastura (Mursan *et al.*, 1989). También la altura de la pastura es considerada como la variable más directamente asociada al peso de bocado y al consumo (McGilloway *et al.*, 1999) y es la restricción más importante para la masa del bocado en pasturas templadas con su efecto mayor en la profundidad del bocado más que en el área de bocado (Rook, 2000). Estas afirmaciones concuerdan con los resultados obtenidos por autores que observaron una disminución en la MB al reducir la altura de la pastura, en vacas lecheras suplementadas (Rook *et al.*, 1994) y no suplementadas (Gibb *et al.* 1997; McGilloway *et al.* 1999). Casey y Brereton (1999), basados en experimentos conducidos principalmente con raigrás perenne, encontraron que incrementos de altura tienen un efecto positivo en el tamaño de bocado y así en la tasa de consumo, mientras que una baja densidad y bajo contenido de hoja tienen un efecto negativo en el tamaño de bocado. Acosta *et al.* (2006) encontraron que a medida que la altura disminuye, el peso de bocado declina. Pero otros autores también afirman que la relación que existe entre la altura de la pastura y el peso de bocado no es constante debido a que una misma altura puede determinar diferentes pesos de bocados dependiendo de las especies que la componen, de su estructura, de su estado fenológico e incluso según el manejo del pastoreo: continuo vs. rotativo (García, 1995; Rook, 2000).

En pasturas altas el efecto de la altura es más importante, pero en pasturas cortas el efecto de la densidad se incrementa (Casey y Brereton, 1999). Por eso algunos autores afirman que conjuntamente con la altura hay otros factores adicionales que afectan el consumo del animal en pastoreo, como la densidad de la pastura (Laca *et al.*, 1992; Mayne *et al.*, 2000), y el contenido de MS del forraje (Acosta *et al.*, 2006).

Los animales en pastoreo tienden a compensar una baja tasa de consumo aumentando el TP diario y de este modo, la ingesta diaria es menos sensible que la tasa de consumo frente a condiciones limitantes de la pastura, aunque no pocas veces esta compensación es insuficiente (Galli *et al.*, 1996). El TP diario es función de la calidad y de la disponibilidad del forraje (Acosta *et al.*, 2006). Demment *et al.* (1995) corrobora lo anteriormente dicho al concluir que los animales reducen el TP diario a medida que la digestibilidad del forraje decrece y el tiempo de retención ruminal aumenta, en cambio cuando la cantidad de forraje es restringida, el animal compensa aumentando el TP. Se ha afirmado que a medida que la altura de la pastura disminuye, el peso de bocado declina y puede ser compensado dentro de ciertos límites por un aumento en el TP y en la tasa de bocado. Las posibilidades de compensación son limitadas debido a que se hace sumamente complicado que los animales puedan superar tiempos de pastoreo de 10 – 11 hs/día (Stakellum y Dillon, citado por Chilibroste, 1998), ni aumentar la tasa de cosecha más allá de lo que le permite su anatomía bucal (Chilibroste, 1998).

Oba y Allen (1999), al hablar de la calidad de las pasturas, afirman que cambios en la composición química del forraje verde disponible en cada rebrote, en especial en el contenido de fibra, van a modificar el consumo de MS y la producción del animal. Acosta *et al.* (2006), encontraron que en las pasturas con mayor edad de rebrote se obtuvo mayor consumo de materia seca como resultado de tapices más altos y más densos que determinaron tasas de bocado y tiempos de pastoreo menores, mientras que Penning *et al.* (1994), encontraron que en pasturas de menor altura, el TP aumentó progresivamente. Fisher *et al.* (1996) muestran que los animales con acceso a las pasturas de mayor densidad hicieron una mejor utilización del forraje

disponible y lograron mayor consumo de materia seca. Consecuentemente el tiempo de cosecha (tiempo requerido para tomar un bocado, manipularlo y masticarlo antes de tragarlo) pasa a ser el principal factor influyente en la tasa de consumo (Parsons *et al.* 1994). Con respecto a la influencia de la disponibilidad de la pastura en el TP, Galli *et al.* (1996) observaron que el TP aumenta a medida que disminuye la biomasa o la altura de la pastura, pero puede no haber respuesta a variaciones en biomasa, o esa respuesta podría ser una curvilínea, donde el TP máximo se obtiene con cantidades intermedias de biomasa. El consumo se ve restringido cuando las alturas son muy bajas y los mecanismos de compensación no son suficientes. Hodgson (1990) indica que para los ovinos, el consumo se restringe cuando la pastura está por debajo de los 6 cm; y para los vacunos, cuando está por debajo de los 9 cm. El estrato inferior a 5 cm representa el menos disponible para el animal, porque con alturas menores no tendrá posibilidades físicas de cosechar la cantidad de forraje que necesita dentro del TP (Laca y Ortega, 1995).

Es importante conocer el contenido de fibra de la pastura y su efecto en la conducta de pastoreo y por ello ha sido motivo de estudio de varios autores. Roguet *et al.* (1998) afirma que incrementos en el tiempo de cosecha en pasturas con edades de rebrote avanzadas se debieron a un aumento en el tiempo para seleccionar. MacLeod *et al.* (1990) encuentran que un nivel de fibra alto en la pastura causa un aumento en el tiempo de toma, manipulación y masticación del bocado. Galli *et al.* (1996) determinaron que los alimentos más fibrosos requieren más tiempo de masticación por unidad de peso y por lo tanto se puede esperar que la relación hoja/tallo, material vivo/muerto y la madurez de los tejidos influyan en el tiempo de masticación. Se ha concluido también que a medida que la planta madura, se da un progresivo incremento en los constituyentes estructurales que no son digeridos en el retículo rumen y/o con una tasa de pasaje más lenta, que finalmente da a lugar una disminución en el consumo; es decir que el exceso de fibra en la dieta limita el consumo voluntario (Elizalde, 1994). Sin embargo, de Freitas *et al.* (2006) encontraron resultados contradictorios al observar una correlación positiva ($p < 0,01$) entre el consumo de materia seca (CMS) y los porcentajes de nutrientes digeribles

totales (NDT) y FDN de la dieta consumida, resultados que se ven explicados por los efectos físicos que interfiere sobre el consumo (NRC, 1989).

Galli *et al.* (1996) consideran que el TP está limitado por: 1. La biomasa disponible por animal y por día. 2. Los controles físicos y metabólicos. 3. El tiempo máximo de pastoreo diario. En los casos 1 y 2, el animal aumenta su TP, a una tasa de consumo dada, en respuesta a una mayor biomasa disponible o por su mayor capacidad de consumo. Hodgson y Brookes (1999) mencionan que el TP, TB y masa de bocado (MB) disminuyen bajo condiciones pobres de pastura. Entonces, la variación del TP, también sería una respuesta a variaciones en la pastura y no un mecanismo de compensación (Galli *et al.* 1996). Jamieson y Hodgson (1979) obtuvieron mayor TP con baja altura de la pastura. En el caso 3, nos situamos cuando existe baja tasa de consumo, donde aparentemente no actuarían los controles físicos y metabólicos. En estos casos para explicar el TP, se ha hablado del efecto de fatiga o de la necesidad de disponer de tiempo para otras actividades. Al respecto Rook (2000) menciona que la mayor limitante del TP para compensar una reducción en la MB es el tiempo requerido por otras actividades como la rumia. Consecuentemente se afirma que un incremento en el TR puede considerarse un aumento en el costo de cosecha (Acosta *et al.*, 2006). Y el aumento en el costo de cosecha, si bien no afecta directamente la tasa de consumo, afecta el consumo total diario al reducir el tiempo disponible para el pastoreo (Penning *et al.*, 1997).

A modo de resumen, Moore citado por Cangiano (1996) propone un diagrama simplificado de la relación planta–animal. En éste se sugiere al carácter del forraje como factor determinante para el consumo cuando la oferta de forraje es alta, ya que si la calidad es baja, el factor limitante será la capacidad de distensión ruminal, y si es alta, la limitante será dada por los mecanismos metabólicos. En caso inverso, si la cantidad de forraje es baja, el carácter (calidad) del forraje puede tener poco o ningún efecto sobre el consumo, debido a que el consumo es afectado por el comportamiento ingestivo del animal a través de limitaciones en el peso de bocado, la TB y/o el tiempo de pastoreo. Este tipo de limitaciones también podría darse en condiciones de

alta cantidad de forraje, pero de baja disponibilidad efectiva o accesibilidad (Figura 2).

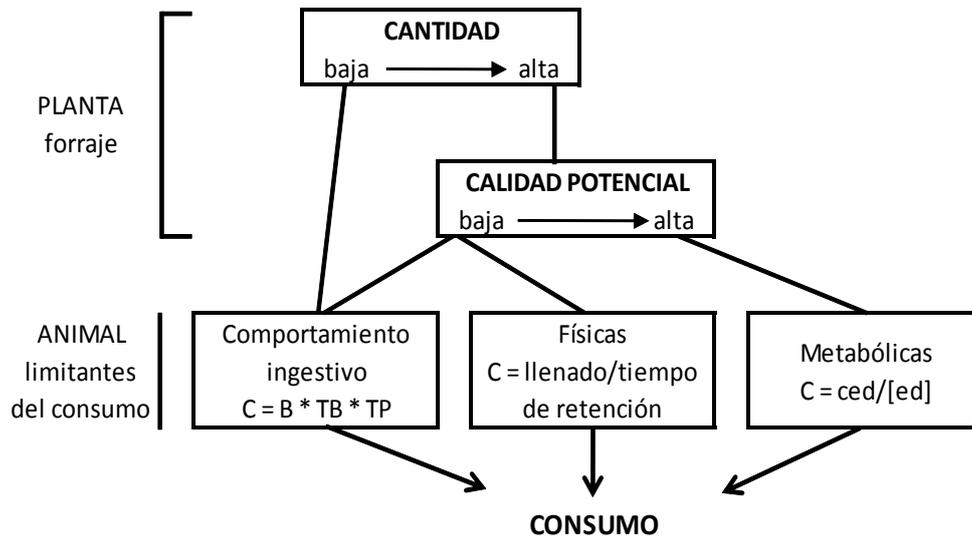


Figura 2: Diagrama simplificado de la relación planta/animal (C = consumo; B = peso de bocado; TB = tasa de bocado; TP = tiempo de pastoreo; ced = consumo de energía digestible; [ed] = concentración de energía digestible; Moore citado por Cangiano 1996).

2.3 CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA Y FERMENTACIÓN RUMINAL

Algunos autores afirman que las características del ambiente ruminal es producto de las propiedades fermentativas del forraje y del patrón de consumo mostrado por los animales (Mattiauda *et al.*, 1993) más que del nivel o tipo de alimentación utilizada (Chilibroste, 1998). Esta afirmación coincide con los resultados obtenidos por François *et al.* (2003) donde a lo largo del día la concentración de amoníaco va aumentando, coincidiendo con el patrón de pastoreo

de los animales donde en horas de la noche se reduciría el consumo de forraje disminuyendo la concentración de amoníaco.

En sistemas pastoriles, las características químicas y estructurales de la pastura, la composición botánica y las prácticas de manejo son algunos de los factores que regulan el consumo y con ello el comportamiento animal, por lo que el control de estos indicadores constituyen la piedra angular en los estudios de nutrición, fisiología digestiva y bioquímica nutricional, ya que permiten la interpretación de la relación aporte – producción y de muchos procesos fisiológicos que se producen en el organismo animal (Gutiérrez *et al.* 2005) y/o de procesos que ocurren a nivel ruminal.

El rumen es una cámara de fermentación anaeróbica donde la población microbiana se mantiene cuando el animal ingiere y mastica alimentos con regularidad, añadiendo tampones y eliminando los ácidos producidos, arrastrando los residuos alimenticios no digeribles y los productos microbianos, y manteniendo condiciones apropiadas de pH, temperatura y humedad para el crecimiento microbiano (Yokohama y Jonson, 1988). El número relativo de las diferentes especies de microorganismos en el rumen dependerá de la composición y estructura de la dieta, así como de las múltiples interacciones entre ellos (Orskov citado por Rotger, 2005).

El pH es un factor muy importante en la digestión ruminal. Según de Veth y Kolver (2001) la relación entre el pH ruminal y el desarrollo promedio de los microorganismos es un componente importante en los modelos desarrollados para estimar la utilización de los nutrientes. Así mismo se sabe que el pH guarda una estrecha relación con las características de la pastura, aunque en un experimento realizado por Chilbroste *et al.* (1999) en el que estudia el ambiente ruminal en pasturas con diferentes periodos de rebrote (6, 9, 16, 22 y 30 días), no encontraron diferencias significativas en el pH ruminal. En una revisión, Bargo *et al.* (2003), mencionan que en rumiantes pastoreando forrajes de alta calidad, el pH ruminal es normalmente más bajo que en condiciones de confinamiento con dietas basadas en forrajes conservados. Gomes (1991) estudiando las características físicas y químicas

de las pasturas sobre los parámetros de fermentación ruminal, obtuvo los valores más bajos de pH de dos a 6 horas después de la ingesta, dependiendo de la dieta y de la velocidad de ingestión.

Macitelli *et al.* (2003) aseveran que el NNP es utilizado ampliamente por parte de los microorganismos del rumen para la formación de amonio y consecuentemente de proteína microbiana. Los niveles de amonio en el rumen son importantes para la síntesis de proteína, sobre todo en los sistemas pastoriles ya que, como afirman Carruthers *et al.* (1997), la proteína cruda en la pastura se caracteriza por su alta tasa y extensión en la degradación ruminal lo cual puede resultar en altas concentraciones de amonio en el rumen y excesiva excreción de nitrógeno en la orina. La falta de N amoniacal para los microorganismos ruminales y de aminoácidos para la formación de tejido animal, son las mayores causas de déficit nutricional que causa la depresión en el consumo de alimentos, llegando a ser más grave ante la falta de energía (Hogan, 1996). Los carbohidratos solubles compensan esta deficiencia energética, ya que su valor nutricional reside en que son fuente de energía de rápida disponibilidad para el crecimiento de los microorganismos ruminales (Lee *et al.*, 2002) por ello del contenido que tenga la planta, dependerá la eficiencia en la utilización de la proteína degradable en rumen para la síntesis de proteína microbiana (Marais, 2001). Sin embargo las estrategias actuales de alimentación en vacuno lechero resultan con frecuencia en un aporte excesivo de N degradable en el rumen.

Macitelli *et al.* (2003) estudiando la influencia de dos fuentes de NNP (urea y Amiferm – residuo de la producción de glutamato sódico) sobre los parámetros ruminales y el consumo, encontró un incremento significativo de pH ($p < 0,05$) en las horas que aumentaba la concentración amoniacal, debido a la alcalinización del contenido ruminal en esos horarios, y fue en las primeras cinco horas post suministro de las fuentes de NNP donde se dieron los valores más altos con diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos para estas horas. El mismo autor Macitelli *et al.* (2003) también pudo comprobar que en las primeras horas después del suministro de urea, eleva la $[N-NH_3]$ en el líquido ruminal.

Macitelli *et al.* (2003) concluye afirmando que tanto el pH como la [N-NH₃] en el ambiente ruminal son factores importantes que deben tenerse en cuenta para una mejor utilización de nutrientes por parte de los microorganismos del rumen.

Con dietas a base de forraje, la disponibilidad de los carbohidratos solubles se ve limitada por la barrera que impone la fibra con lo que es más lenta la producción de AGV (ácidos grasos volátiles) que, en combinación con la tasa de absorción, reduce las concentraciones absolutas de los mismos. Pero cuando carbohidratos rápidamente fermentecibles son agregados a una dieta basada en forrajes, el efecto del almidón suplementado reduciría la digestión de la fibra a través de una serie de eventos que involucran la presencia de carbohidratos, bajo pH ruminal y reducción de los organismos celulolíticos (Rearte y Santini, 1989). Y en dietas ricas en concentrados, las concentraciones de ácidos en el rumen son superiores debido al menor tiempo de ingestión y rumia disminuyendo la cantidad de saliva que penetra al rumen, mayor densidad energética y disponibilidad de la dieta y por último la ausencia de la acción tampón que naturalmente ejercen los forrajes en el rumen (Owens y Bergen, 1983). Así mismo cabe recalcar que el pH guarda una estrecha relación con la concentración de AGVs producidos a nivel ruminal. Rearte (1992) menciona que los descensos de pH del líquido ruminal se originan con las altas concentraciones de carbohidratos solubles de los pastos en determinados momentos del día. Beaver *et al.* (2000) afirman que el patrón diario de pH es explicado como un balance entre la producción de AGV por parte de los microorganismos y la posterior absorción de AGV por parte de la pared ruminal. En el punto máximo y mínimo se darían iguales producciones y absorciones de AGV, respectivamente. Al finalizar la tarde y durante la noche los valores de pH tienden a subir por una menor producción de AGV (menor consumo) en relación a la absorción y por una secreción de saliva por el animal mientras descansa. Al inicio del día, cuando el animal retoma las sesiones de pastoreo, el pH comienza a disminuir a pesar de haber mayores tasas de salivación.

Es notable también el efecto de la estación en los parámetros de la fermentación ruminal, dado las características de la pastura en cada estación. Muck

et al. (1991) mostraron que la pastura de otoño tenía una capacidad amortiguadora mucho más alta que la de primavera o verano y afirman que esta capacidad puede estar estrechamente relacionada con su contenido de PC (de la pastura). Todos los estudios que reportaron una disminución del pH más rápida después de la suplementación con concentrados base almidón con respecto a los concentrados base de fibra, se dieron para pasturas crecidas en primavera o verano o para ensilado (French *et al.* 2001). El mismo autor sostiene que la falta de diferencias significativas en el pH ruminal podría ser atribuida a la capacidad de las pasturas en otoño de amortiguar las variaciones de pH ruminal French *et al.* (2001). Elizalde *et al.* (1996) encontró que la $[N-NH_3]$ fue mayor en otoño y menor a inicios y finales de primavera, lo cual fue asociado con una disminución en el contenido de PC de la pastura de 23,3 a 10,3 %.

Un ambiente ruminal óptimo en su actividad celulolítica para la digestión de la fibra y síntesis de grasa butirosa es aquel que presenta un pH de 6,7 – 6,8, una concentración de nitrógeno amoniacal ($[N-NH_3]$) de 58 mg/l y de AGV de 79 – 90 mMol/l y una relación acético propiónico de 3,3 – 3,5 (Rearte, 1992). Satter y Roffler (1979) recomiendan un mínimo de $[N-NH_3]$ de 50 mg/l de líquido ruminal para que el crecimiento microbiano no se vea afectado. Sin embargo, Mehrez y Ørskov (1976) mencionan que para alcanzar el máximo de síntesis microbiana, la $[N-NH_3]$ debe ser de 230 mg/l. Leng y Nolan (1984) indicaron un mínimo de 150 a 200 mg/l de $N-NH_3$ como adecuado.

El ambiente ruminal de vacas lecheras en sistemas pastoriles se puede caracterizar por bajos valores de pH a lo largo del día, alta concentración de AGV (90 – 120 mmol /l) y alta $[N-NH_3]$, 90 – 140 mg/l (Rearte y Santini, 1989). Cuando el pH es menor a 6,0 las bacterias celulolíticas son inhibidas (Lucci, 1997). El pH ruminal puede oscilar de 5,5 a 7,2 en dietas ricas en concentrados, y en dietas con base forraje oscila entre 6,2 y 7,0 (Church, 1993), valores que son similares a los encontrados en el trabajo de Macitelli *et al.* (2003).

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA Y PRODUCCIÓN DE LECHE

El uso de pasturas en la alimentación de las vacas productoras de leche da como resultado bajos costos de alimentación por ser la fuente más barata de nutrientes (Clark y Kanneganti, 1998; Peyraud y Delaby, 2001). Respecto a la composición química del forraje verde disponible en cada rebrote, particular énfasis debe recibir el análisis del contenido de fibra, variable de calidad importante que influye en la respuesta animal ya que, cambios en su contenido modifican el consumo de MS y la producción animal (Oba y Allen, 1999). La calidad de la pastura afectará la composición de la leche en la medida que altere el plano nutricional de las vacas, y esto se confirma al observar que cuanto más avanzado esté el estado de crecimiento de la pastura, será mayor la pérdida en la calidad del forraje ofrecido y por ende se verá afectada la producción y composición de la leche (Rearte, 1992). En un trabajo donde se evaluó una pastura mezcla de gramíneas y leguminosas en distintos estados de crecimiento, se observó que la utilización de pasturas maduras determinó importantes descensos en la síntesis de proteína de la leche, dado que el mayor contenido de fibra de las pasturas maduras hace que la calidad, y consecuentemente la digestibilidad de ésta disminuya, efecto que se vio traducido en un menor consumo de MS y menor producción diaria de leche (Rearte *et al.*, 1986). Caso contrario, cuando aumenta el consumo de materia seca por parte del animal, provoca aumentos en la producción de leche y de proteína y disminuyen los porcentajes de grasa, pero explicada más por un efecto de dilución por la mayor producción de leche, ya que la síntesis total de grasa no se vio afectada (Rearte, 1992).

En un trabajo realizado en Inglaterra por Beever *et al.* (1978) observaron que en primavera, las pasturas presentaban un mayor contenido de carbohidratos solubles que en otros meses del año, lo que se traducía en un aumento de su contenido energético y que permitía una utilización más eficiente por parte de las bacterias del rumen, de las altas concentraciones de amoníaco generadas en la fermentación de la proteína de la pastura. Rearte (1992) afirma que el mayor valor nutritivo de las pasturas en primavera también se debe a que en esta época del año una mayor

proporción de la proteína del forraje está como proteína verdadera, mientras que en otoño por ejemplo parte de dicha proteína está como nitrógeno no proteico.

2.5 CONDUCTA DE PASTOREO Y FERMENTACIÓN RUMINAL

La interacción planta – animal explica también los procesos fermentativos (Gibb *et al.*, 1997). Éstos procesos y en general, las características del medio ruminal, vienen siendo estudiados ya desde hace algún tiempo, a nivel internacional (Yokohama y Johnson, 1988; Rotger, 2005; Vargas *et al.*, 2007) y nacional (Bacchetta *et al.*, 2003; Pérez, 2006, Cajarville, *et al.*, 2007). Sin embargo, la sensibilidad de la cinética ruminal exige ser más específicos al analizar factores que estimulan la respuesta de estos procesos.

Cuando los bovinos consumen pasturas de alta calidad con altos contenidos proteicos, pero de alta degradabilidad ruminal (característica de las pasturas templadas que se utilizan para la alimentación del rodeo lechero), la hidrólisis de esta proteína producirá altos niveles de $[N-NH_3]$ a nivel ruminal, que es utilizado por las bacterias del rumen para sintetizar su propia proteína siempre que exista simultáneamente suficiente energía (Rearte, 1992).

Con respecto al pH ruminal, Sauvant *et al.* (1999) encontraron descensos de $0,14 \pm 0,04$ puntos por cada 10 g MS consumida por kg de peso vivo (PV) y llegaron a afirmar que independientemente de la composición y la presentación del régimen alimenticio, el incremento en el nivel de ingesta de una dieta conduce sistemáticamente a la disminución del pH ruminal. Este resultado se explica por el hecho de que al aumentar el nivel de consumo, el rumen tendría que "tratar" (procesar) con una mayor cantidad de contenido celular, mientras que su volumen no aumentaría proporcionalmente y también porque la digestión de los constituyentes de la pared celular se reduce debido su rápido tránsito. Los mismos autores encontraron una relación negativa entre la velocidad de ingestión en el rumen con el pH ruminal: el pH disminuía en 0,04 puntos cuando la velocidad de ingestión aumentaba 10 g /

minuto (Sauvant *et al.*, 1999). Dados estos resultados se podría afirmar que el impacto del consumo sobre la disminución de pH es relativamente poco importante, ya que supone, en el caso de una vaca de 650 kg consumiendo 22 kg de MS, una reducción de 0,02 unidades de pH por cada incremento de 1 kg de MS ingerida.

2.6 CONDUCTA DE PASTOREO Y PRODUCCIÓN DE LECHE

El estudio del comportamiento ingestivo es una herramienta de gran importancia porque nos posibilita ajustar el manejo alimenticio de rumiantes y así obtener una mejor performance (Silva *et al.* 2006). El conocimiento del comportamiento ingestivo de bovinos lecheros puede ser utilizado por los productores de forma que puedan maximizar la productividad (Albright, 1993).

En este sentido, los trabajos de investigación han intentado entender, analizar y/o cuantificar la respuesta animal a los diversos paisajes a la que es sometido. Al respecto, Chilibroste (1999) menciona que en sistemas esencialmente pastoriles como el nuestro, es la interfase planta – animal la que determina en gran medida, los resultados físicos y económicos. El mismo autor afirma que para lograr una producción de leche competitiva, es necesario mejorar la producción y el consumo de forraje (Chilibroste *et al.*, 2007).

Un buen manejo de los sistemas productivos implica el conocimiento detallado de los factores que se ven involucrados, y dados los sistemas que se dan en Uruguay, el manejo del forraje debería estar implicado de manera importante en los resultados que se darán *a posteriori*. Esta afirmación se ve argumentada si hacemos referencia a Mattiauda *et al.* (2009), donde afirman que la dominancia de especies forrajeras anuales y la intensidad de defoliación (ID) de los recursos forrajeros explica gran parte del reducido impacto de la producción forrajera en los niveles de producción de leche. Esto hace imprescindible aumentar el conocimiento científico sobre los mecanismos involucrados en la relación planta - animal (Robinson *et al.*, 1999; Soca *et al.*, 2008).

Con respecto a la relación entre conducta de pastoreo y producción de leche, Bargo *et al.* (2003) encontraron una relación positiva entre producción de leche (PL; kg/día) y número de bocados por día (TB, bocados/día) para vacas que producían más de 25 kg/día de leche, pastoreando un pasto ovilla (*Dactylis glomerata*) y suplementadas con 8,7 kg/d de concentrado: $PL = 14,1 + 0,0005 TB$ ($R^2 = 0,74$), el cual indica un incremento de 5 kg/día de leche por cada 10000 bocados/día. El mismo autor menciona que el TP y TB están influenciados por las características relacionadas con el animal tales como mérito genético y la producción de leche (Bargo *et al.*, 2003).

Un aumento en el tamaño de bocado, por una elevada disponibilidad de la hoja, provoca una disminución en el TP y un aumento en la producción de leche. Pero cuando merman los tamaños de bocado, cuando la hoja de la pastura ofrece una baja disponibilidad, el tamaño del bocado decrece, el TP se alarga y la producción de leche se compromete (Stobbs, 1978) y consecuentemente también la producción de sólidos.

Buscando relacionar la selectividad en la calidad de la pastura y la producción de leche, de Freitas *et al.* (2006) encontraron una correlación positiva ($r=0,69$; $p<0,01$) entre el consumo de materia seca (CMS) y la producción de leche (PL), resultados que se vería explicado por el mayor consumo de nutrientes requeridos por parte del animal, destinados en parte para la producción de leche, ya que al mismo tiempo se observó una correlación positiva entre el CMS con el consumo diario de nutrientes digeribles totales (CNDT) ($r=0,63$; $p<0,01$). Rearte (1992) al hablar de del mayor potencial de producción de leche utilizando leguminosas en la alimentación, afirma que esto se debe principalmente al mayor consumo logrado por estas especies.

También se encontró una correlación positiva entre el CMS con la producción de grasa láctea (g/día) ($r=0,90$; $p<0,01$) y con la producción de proteína láctea (g/día) ($r=0,73$; $p<0,01$). Adicionalmente fue vista una correlación negativa entre el porcentaje de FDN presente en la ración con la producción diaria de proteína láctea (g/día) ($r=-0,70$; $p<0,01$) y una correlación positiva entre el porcentaje de FDN

presente en la ración con el porcentaje de grasa láctea ($r=0,61$; $p<0,01$) (de Freitas *et al.*, 2006).

Hablando de la proteína láctea, Rearte (1992) afirma que la proteína de la leche es sintetizada en la glándula mamaria y dependerá para ello de la energía disponible y de la cantidad de aminoácidos (AA) absorbidos en intestino delgado. También menciona que la proteína que llega al duodeno es en un 40 – 60 % de origen bacteriano, siendo el resto proteína de la dieta que no fue degradada en el rumen, y se sabe de antemano que las pasturas templadas de alta calidad utilizadas en la alimentación del rodeo lechero tienen un alto contenido proteico pero de alta degradabilidad ruminal.

De Freitas *et al.* (2006) afirman que el tenor graso de la leche se correlaciona positivamente con el tenor de FDN de la dieta ($p<0,01$) y negativamente con la producción de leche ($p<0,01$), concordando con observaciones de Lucci (1997) en que un aumento en la producción de leche se ve relacionada con una menor producción de grasa láctea. Rearte (1992) al comparar la producción de leche con bovinos alimentados con gramíneas y leguminosas, afirma que el aumento de producción de leche con el pastoreo de leguminosas suelen ir acompañados de una reducción en el contenido graso y dado que ambas especies no difieren en la producción de grasa butirosa, entonces la mejora en la producción láctea es consecuencia de la mayor producción de proteína, lactosa y agua.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL

El trabajo estuvo enmarcado dentro del proyecto FPTA 249 “Impacto de la Intensidad de pastoreo, en la Producción de leche, Capacidad de Carga y Persistencia del Recurso Forrajero del Sistema Lechero” y se llevó a cabo en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), Ruta 3 km 363, Facultad de Agronomía de la Universidad de la República (UDELAR), Dpto. de Paysandú (30° de latitud Sur y 61.10 m.s.n.m.) en el potrero 21 de la unidad de producción de leche. Se realizaron determinaciones en dos estaciones del año: Invierno (junio–julio) y Primavera (setiembre–octubre) del año 2009 con períodos experimentales de un mes de duración en cada estación. Se trabajó en las parcelas correspondientes al bloque II definido en el proyecto FPTA 249.

3.2 SUELO

El área experimental se encuentra ubicada sobre la Unidad de suelos San Manuel, Formación Fray Bentos, siendo los suelos dominantes Brunosoles Éutricos Típicos y Solonetz Melánicos según Carta de Reconocimientos de Suelos del Uruguay 1:1000000 (Altamirano *et al.*, 1976).

El potrero estuvo dividido en tres parcelas y éstas presentaban tres diferentes tipos de suelo clasificados de acuerdo a su profundidad en: poco profundo (20-30 cm), medianamente profundo (hasta 80 cm) y muy profundo (mayor a 80 cm).

3.3 ANIMALES

Se utilizaron 3 vacas provistas de fístula ruminal, con $468 \pm 11,0$ kg de peso vivo (PV), de primera lactancia y 3 años de edad. Además se anexaron 6 vacas Holando (no fistuladas) de segunda lactancia, con $538 \pm 46,0$ kg PV y 5 años de edad que fueron estratificadas en 2 estratos de 3 animales cada uno, considerando edad, número de lactación y PV.

3.4 PASTURA

El ensayo se realizó sobre una pastura de tercer año de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* sembrada el 23 de mayo del 2007 con 15, 5 y 9 kg de las especies indicadas. Se fertilizó a la siembra con $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de 7 – 40 – 0 y refertilizada el 2 de mayo del 2008 con $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de 7 – 40 – 0. Durante el segundo año (2008) de la pradera, fue sometida a diferentes intensidades de pastoreo determinadas como tratamientos de altura del tapiz (AT): Tratamiento AT Bajo – B (7 cm en invierno y 4 cm en primavera), Tratamiento AT Medio – M (10 cm en invierno y 6 cm en primavera) y Tratamiento AT Alto – A (13 cm en invierno y 9 cm en primavera). El área de aplicación de estos tratamientos (2,5 ha c/u) así como los diferentes tipos de suelo dentro de cada tratamiento se delimitaron y las áreas fueron estimadas con GPS.

3.5 AMBIENTES (Tratamientos)

El “Ambiente” queda definido por las características de la pastura, dada por sus componentes estudiados (altura, presencia de suelo desnudo, de festuca, de resto seco, de gramínea maleza y de maleza enana) en cada una de las parcelas donde el año previo al experimento (2008) fueron sometidas a diferentes intensidades de pastoreo (cuadro

1). Se denominó “zona” a las diferentes profundidades del suelo que se dieron dentro de cada ambiente, así al suelo poco profundo (20 – 30 cm) se le denominó zona superficial (s), al suelo medianamente profundo (hasta 80 cm) lo denominamos zona alta (a) y al suelo muy profundo (mayor a 80 cm) se le denominó zona baja (b). La ubicación espacial de los Ambientes, así como el área ocupada por cada zona dentro de cada Ambiente, se observa en la figura 3.

Cada Ambiente contaba con su bebedero.

Cuadro 1: Denominación de las parcelas el año previo al experimento y el año del experimento.

	2008*	2009**
Parcela 1	Tratamiento Alto	Ambiente 1 (A1)
Parcela 2	Tratamiento Medio	Ambiente 2 (A2)
Parcela 3	Tratamiento Bajo	Ambiente 3 (A3)

(*): *Tratamientos del promedio de la altura del tapiz de la pastura (se manejaron 3 IP).* (**): *Caracterización de la pastura.*

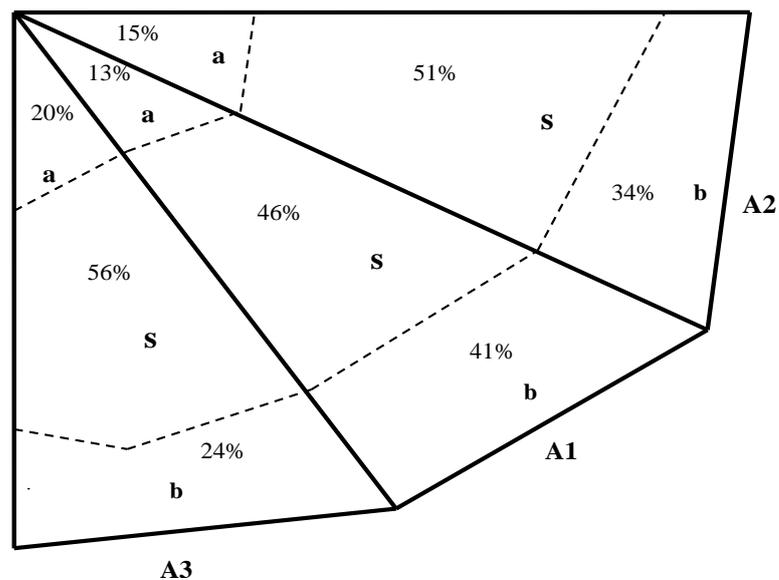


Figura 3: Descripción espacial de los Ambientes y área ocupada por cada zona, en el tercer año (2009).

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Las variables asociadas a la pastura tales como las determinaciones de la composición química del forraje consumido y las variables asociadas a los animales tales como conducta de pastoreo (TB, TP y de rumia), fermentación (pH, concentración de amonio y AGVs), producción y composición de leche (porcentaje de grasa, de proteína y de sólidos totales), se determinaron en un diseño experimental de Cuadrado Latino. Se contó con tres Ambientes (determinados por las características de la pastura al inicio del experimento) y tres unidades experimentales (vacas), una por Ambiente. Las medias de mínimos cuadrados estimadas fueron comparados por prueba de probabilidad Tukey–Kramer ($p < 0,05$). Para el cumplimiento del diseño, cada vaca fue colocada en cada uno de Ambientes, siendo rotadas entre los Ambientes cada 7 días, de los cuales 5 fueron destinados para la adaptación de la nueva parcela y los dos restantes a la toma de muestra.

3.7 MANEJO DE LOS ANIMALES

El manejo fue similar para ambas estaciones, donde los animales pastorearon sólo en la mañana, desde las 9:00 a.m. hasta las 2:00 p.m. (5 horas) en invierno, y desde las 8:00 a.m. hasta las 2:00 p.m. (6 horas) en primavera. En la tarde, después del ordeño, fueron suplementadas en cepos individuales para luego ser confinadas grupalmente en un corral cercano a la sala de ordeño, con acceso a agua pero no a alimento.

En ambas estaciones, la suplementación fue la misma en todos los Ambientes, para que las variables de respuesta sólo expresaran el efecto de las variaciones encontradas en la pastura. El suministro diario de suplementación, en base fresca (BF), en Invierno, fue de 12 kg de concentrado, 2 kg de heno de trigo y 200 g de sal mineral. El concentrado, para esta estación, presentaba una composición de 90 % de materia seca (MS) y 19 % de proteína cruda (PC). En Primavera se suministró 8 kg

de concentrado, 2 kg de heno de trigo y 200 g de sal mineral en primavera. El concentrado tenía una composición de 88 % de MS y 19 % de PC.

Las vacas fistuladas fueron distribuidas al azar entre las parcelas del experimento y rotadas semanalmente entre Ambientes; mientras que las vacas no fistuladas también fueron distribuidas al azar entre los Ambientes pero permanecieron en la misma parcela durante todo el experimento.

3.8 DETERMINACIONES

3.8.1 Clima

Se obtuvieron los datos de temperatura y precipitación para Invierno y Primavera de la estación meteorológica automática Vantage Pro 2™, modelo 6510 (Davis Instruments, Hayward, CA), ubicada en la EEMAC.

3.8.2 En la Pastura

3.8.2.1 Forraje Disponible

Se estimó por Ambiente y por zona, al comienzo y fin de cada estación, el forraje disponible por el método de doble muestreo por apreciación visual (adaptada de Haydock y Shaw, 1975): se marcó una escala con tres puntos, mínima, media y máxima disponibilidad con tres repeticiones, utilizando cuadros de 0,3 m*0,3 m y se midió altura con regla registrándose el valor del punto superior de contacto de la pastura imperturbada (sin estirar la hoja) con la regla, en 5 puntos ubicados dentro de este cuadro (vértices y centro). El forraje existente en los cuadros se cortó al ras del suelo para luego ser pesado en fresco, secado en estufa durante 48 hs a 60 °C y pesado en seco.

3.8.2.2 Composición Botánica

Al comienzo y fin de cada estación se registró visualmente, por Ambiente y por zona, la composición botánica con la técnica del botanal (Tohill, 1992), utilizando un cuadro de 0,3 m* 0,3 m lanzado en forma aleatoria, realizando un número aproximado de 40 muestreos por cada zona dentro de cada parcela. La estimación de cobertura (composición botánica) consistió en cuantificar el porcentaje del área del cuadro ocupada por los siguientes componentes: festuca, trébol blanco, lotus, resto seco, gramínea productiva, gramínea maleza, maleza de hoja ancha, suelo desnudo y cyperaceae. A cada fracción le correspondió un número a modo de identificación.

3.8.2.3 Tasa de Crecimiento

La tasa de crecimiento fue estimada por Ambiente y por zona, al comienzo y fin de cada estación, utilizando el método de triple emparejamiento (Moraes *et al.*, 1990). Los pasos de la técnica de triple emparejamiento fueron: 1. Se recorrió la unidad experimental para localizar lugares representativos, una vez definido el lugar a muestrear, con 3 cuadros de 0,3 m*0,3 m, se eligieron tres sitios con masa de forraje, estructura y composición botánica similares. 2. Cuando se tuvo los tres sitios escogidos, uno fue cortado al ras del suelo utilizando el cuadro (Fuera de la jaula – FJ1); en el segundo sitio solo se colocó una jaula de exclusión de un m² (Dentro de la jaula – DJ); y al tercer sitio se le colocaron dos estacas, quedando expuesto al pastoreo. Este último punto fue FJ2 en el próximo muestreo. 3. Cuando se volvió a la parcela a muestrear, luego de un tiempo predeterminado (de 25 a 30 días aproximadamente), lo que se encontraba es la jaula (DJ1) y el sitio marcado (FJ2) del muestreo anterior. Lo primero que se hizo fue encontrar otros dos sitios semejantes a FJ2, uno para reubicar la jaula y el otro fue el FJ del siguiente muestreo. 4. Una vez escogidos los dos sitios se cortaron FJ2 y DJ1 y por último se reubicaron la jaula y las estacas. 5. Las muestras cortadas fueron llevadas al laboratorio, se las pesó en fresco y luego fueron llevadas a la estufa a 60 °C por 48 horas para obtener el peso

seco. La tasa de crecimiento acumulada se obtuvo de la siguiente manera: TCA= DJ1 – FJ1.

3.8.2.4 Altura de la Pastura

Los lunes de cada semana, en cada estación, por Ambiente y por zona se midió la altura de la pastura. Para esto se utilizó una regla graduada en cm, realizando las lecturas cada 5 pasos y caminando en zigzag, siendo el criterio empleado para el registro de la altura, el toque de la regla con la hoja más alta, sin perturbar la pastura (adaptado del método “HFRO sward stick” de Barthram, 1986).

3.8.3 En el alimento

Para el suplemento, en cada estación, durante el suministro a los animales, una pequeña muestra era recolectada diariamente. Esto nos permitió obtener una muestra representativa de concentrado y heno. Luego fueron pesadas en fresco, secadas en estufa durante 48 h a 60 °C, pesado en seco, molidas en un molino Weily–Mayer® con malla de 2 mm y enviadas al Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Agronomía para determinaciones de MS, y PC.

Para la pastura cosechada por el animal, en cada estación, los martes y miércoles de cada semana y en todos los Ambientes, se determinó la composición química del forraje consumido por las vacas fistuladas mediante “hand clipping” (Coates y Penning, 2000), tomando muestras en lugares similares a los que el animal pastoreó más frecuentemente. Para ello, se tomaron muestras, intentando imitar lo consumido por el animal. Se realizó cada 15 minutos, y cada muestra fue colocada en una sola bolsa por vaca, por día. Para el análisis, la muestra fue pesada en fresco, secado en estufa durante 48 hs a 60 °C y luego pesada en seco. Posteriormente fueron molidas en un molino con malla de 2 mm y enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos de la Facultad de Agronomía para determinaciones de MS, PC, Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácido (FDA).

3.8.4 En los animales

La producción de leche fue registrada diariamente utilizando medidores de producción (Waikato®) y los martes y miércoles de cada semana de cada estación se tomaron muestras de leche en ambos ordeños utilizando los mismos medidores. Las muestras fueron colocadas en frascos que contenían dos gotas de 2-Bromo-2-Nitropropano-1,3-diol (Lactopol®), enumerados por vaca. Luego se homogeneizaron a “baño maría” a una temperatura de 37 °C durante 10 minutos y se realizaron alícuotas representativas de la producción registrada en cada ordeño, completando un “plock” con 35 ml de leche aproximadamente debidamente identificada con la fecha del control y el número de vaca. Posteriormente fueron enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos de la Facultad de Agronomía para determinaciones de grasa, proteína, y sólidos totales (ST).

Se tomaron, los martes y miércoles de cada semana de cada estación, muestras del licor ruminal del saco ventral del rumen para determinaciones de potencial de hidrógeno (pH), concentración de nitrógeno amoniacal ([N-NH₃]) y de ácidos grasos volátiles ([AGV]). En la figura 4 podemos observar la secuencia horaria de extracción que buscó registrar las lecturas de estas variables en los acontecimientos más importantes del día. Por ello se tomaron muestras de licor ruminal en 10 momentos del día: a las 0, 3, 5, 7, 9,3, 10,5, 12, 14, 16 y 18 horas (h) de comenzado el muestreo (momento 1; 05:00 am). Las muestras, previamente filtradas con tela de doble lienzo tipo quesera fueron depositadas en un frasco donde inmediatamente se midió el pH, utilizando un medidor digital portátil de pH (Oakton Acorn® pH 6 Portable pH Meter, Oakton Instruments, Vernon Hills, IL, USA). Posteriormente, se transvasaron, en dos frascos, alícuotas para determinar [N-NH₃] y [AGV]:

- 40 ml que se mezclaron con 2 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) puro para el análisis de [N-NH₃].
- 20 ml de líquido ruminal con 1 ml de ácido ortofosfórico (H₃PO₄) al 85 % para el análisis de [AGV].

Cada frasco contaba con una etiqueta donde se registraba el componente a determinar ([AGV] o [N-NH₃]), el número de caravana de la vaca, el Ambiente en el que se encontraba la vaca y la fecha y hora de extracción de la muestra de líquido ruminal. Las muestras, una vez extraídas, fueron inmediatamente puestas en conservación a -20 °C hasta ser analizadas.

Las muestras para determinación de [N-NH₃] fueron descongeladas a temperatura ambiente, centrifugadas a 14350 rcf (10600 rpm) durante 10 minutos en centrifugadora (Sorvall SS-1 Super Speed Centrifuge, Ivan Sorvall, Inc. Norwalk, Connecticut, USA). Luego se extrajo 1 mL de sobrenadante de cada muestra en microtubos eppendorfs de 1 ml y puestas en conservación a -20 °C para finalmente ser enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal y Evaluación de Alimentos de la Facultad de Agronomía.

Las muestras para determinaciones de [AGV], fueron enviadas al laboratorio de Nutrición de la Universidad de Buenos Aires (UBA).

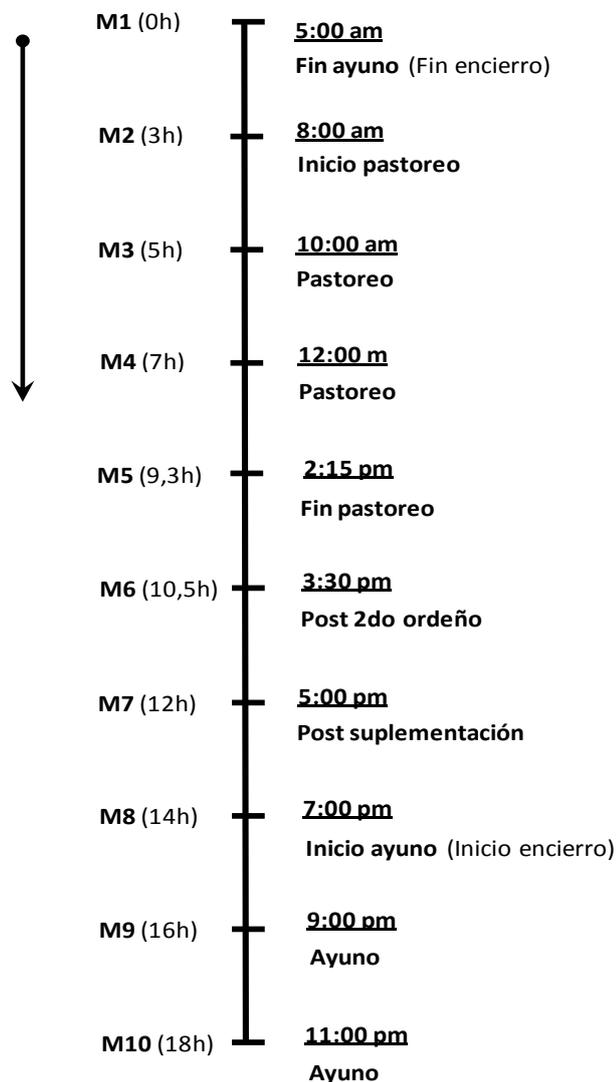


Figura 4: Descripción de las horas (h) y momentos (M) más importantes del día para la extracción de licor ruminal.

Para la conducta de pastoreo, es decir, TP, TR y tiempo dedicado a otras actividades, 2 días consecutivos de cada semana de cada estación se utilizaron registradores de comportamiento ingestivo – Grazing Recorder (GR) (Rutter, 1997). Los GR graban señales análogas a partir de sensores de movimientos mandibulares, usando tarjetas donde se almacenan la información de estos movimientos realizados por el animal. Las grabaciones fueron analizadas con el software Graze® para obtener el TP, rumia y otros (beber, descansar o nada) expresado en minutos y el

patrón temporal de cada actividad. En las vacas fistuladas fueron utilizados los martes y miércoles, y en las vacas no fistuladas los jueves y viernes. Para ambos casos, los GR fueron colocados después del primer ordeño para el registro de datos durante el pastoreo diurno, y retirados antes del segundo ordeño.

En las vacas fistuladas también se registró la conducta de pastoreo por seguimiento y observación visual, del mismo modo la TB (bocados /minuto) y la zona (dentro del Ambiente) en que se ubicaba el animal. El registro de la zona nos permitió determinar por zona por Ambiente, la TB, el TP (expresado en proporción) y la frecuencia de visitas a cada zona. Para determinar el TP se registró el número de veces que pastoreaban durante toda la sesión y se expresó en proporción con respecto al número total de observaciones.

En las vacas fistuladas, la extracción de líquido ruminal, el registro de producción de leche, el muestreo de leche para el análisis y del forraje cosechado, el registro de la conducta de pastoreo a través de los GR y a través del seguimiento visual, fueron realizados los mismos días para efectos del análisis estadístico.

3.9 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

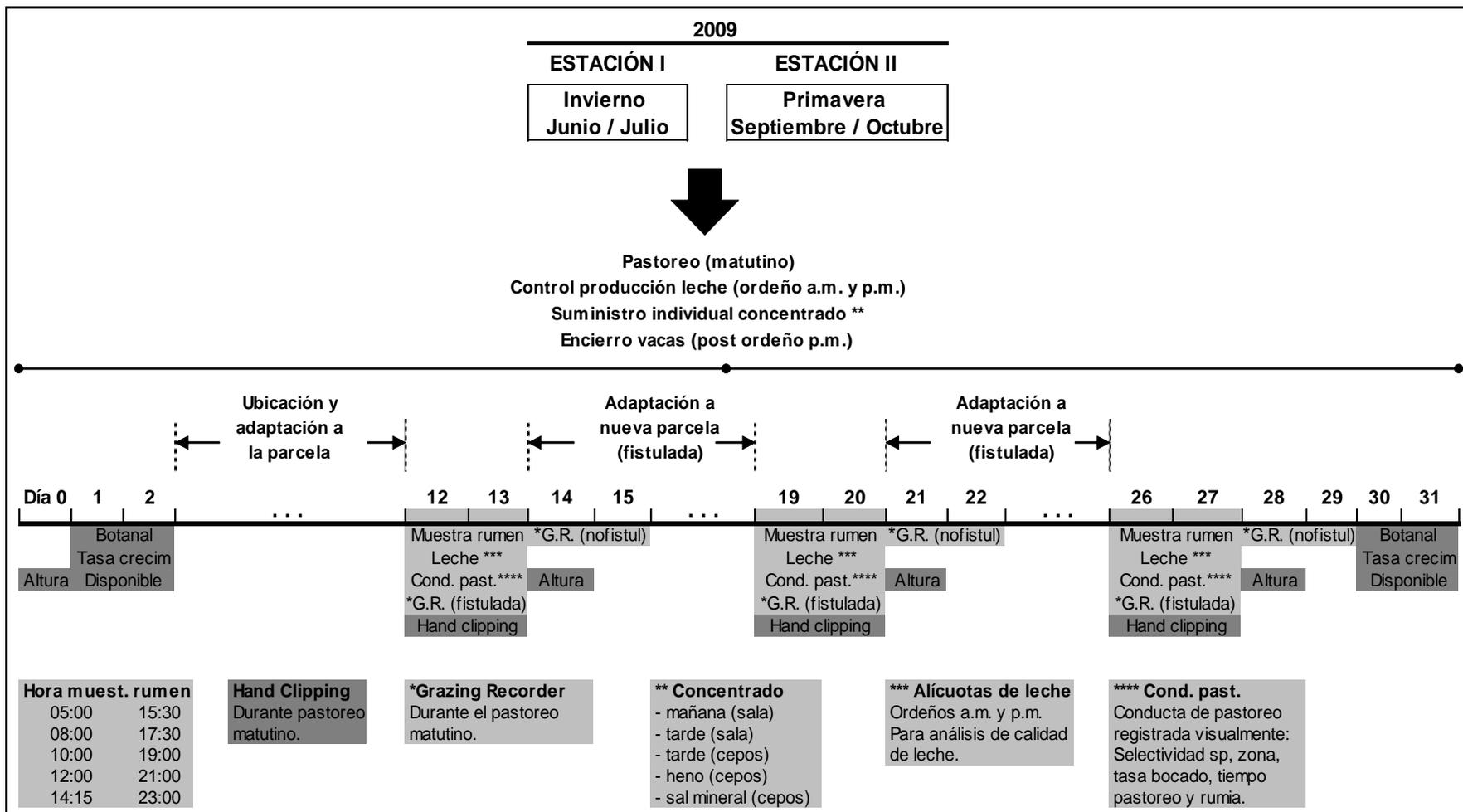


Figura 5: Protocolo experimental.

3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.10.1 Pastura

Como algunas variables en estudio de respuesta animal fueron medidas tomando en cuenta sólo el Ambiente, y otras, la zona y el Ambiente, los resultados de las características de la pastura serán presentados por zona y por Ambiente.

Para el estudio de las características de la pastura en cada uno de los Ambientes, no se utilizó un diseño experimental, ya que fue determinado a través del análisis multivariado mediante el estudio de componentes principales (software PCORD v5). El objetivo del análisis fue comparar y describir los Ambientes resultantes, tomando simultáneamente varias variables de la pastura (altura de la festuca – en cm, porcentaje de suelo desnudo, de festuca, de resto seco, de maleza enana y de gramínea maleza) e integrarlas, con el fin de poder expresar la información contenida en el conjunto original de los datos. Los resultados del análisis de componentes principales permitieron determinar, en dos 2 ejes, las variables que contenían la mayor variabilidad sobre las zonas y los Ambientes.

Los Ambientes y las zonas por Ambiente resultantes serán las referencias para analizar las variables de respuesta en los animales (conducta de pastoreo, fermentación ruminal y producción de leche).

3.10.2 Animales

3.10.2.1 Vacas fistuladas

El TP por seguimiento visual, expresado en proporción, se analizó mediante modelo lineal asumiendo distribución binomial (Proc Genmod, SAS v9.1). La estructura de covarianza fue modelada con la opción AR1 (autocorrelación de primer orden).

$$\text{Ln} (y_{ijk}/1 - y_{ijk}) = \beta_0 + \tau_i + f_j + z_k + (\tau z)_{ik}$$

Donde:

$y_{ijk} / I - y_{ijk}$ = es el valor para la característica en estudio.

β_0 : intercepto.

τ_i : es el efecto del Ambiente “i”, con $i = 1, 2, 3$.

f_j : es el efecto de la semana ‘j’, con $j = 1, 2, 3$.

Z_k : es el efecto de la zona “k”, con $k = 1, 2, 3$.

$(\tau Z)_{ik}$: es el efecto de la interacción Ambiente * zona

Las variables de fermentación ruminal (pH, concentración de nitrógeno amoniacal y de AGVs) fue analizada usando un modelo con medidas repetidas en el tiempo (Proc Mixed, SAS versión 9.1). Las medias de mínimos cuadrados estimadas para los efectos fijos de los Ambientes, del momento de muestreo y su interacciones, fueron comparados por prueba de probabilidad Tukey-Kramer ($p < 0,05$). La estructura de covarianza fue modelada con la opción AR1.

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + f_j + c_k + \delta_{ijk} + \gamma_l + (\tau\gamma)_{il} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

y_{ijkl} : es el valor para la característica en estudio con el efecto del Ambiente i , en la semana j , para la vaca k , en el momento l .

μ : es el promedio poblacional de la variable respuesta.

τ_i : es el efecto del Ambiente “i”, con $i = 1, 2, 3$.

f_j : es el efecto de la semana ‘j’, con $j = 1, 2, 3$.

C_k : es el efecto de la vaca “k”, con $k = 1, 2, 3$.

δ_{ijk} : es el error asociado a las unidades experimentales.

γ_l : es el efecto del momento de muestreo “l”, con $l = 1, 2, \dots, 10$.

$(\tau\gamma)_{il}$: es el efecto de la interacción Ambiente por momento.

ε_{ijkl} : es el error asociado en cada medida repetida (dentro de la unidad experimental).

La TB fue analizada utilizando un modelos con medidas repetidas en el tiempo (Proc Mixed, SAS v. 0.1). Las medias de mínimos cuadrados estimadas para los efectos fijos de los Ambientes, de la zona, de la semana, de la hora de muestreo y sus interacciones fueron comparadas por prueba de probabilidad Tukey–Kramer ($p < 0,05$). La estructura de covarianza fue modelada con la opción AR1.

$$Y_{ijklm} = \mu + \tau_i + f_j + c_k + z_l + (\tau z)_{il} + \delta_{ijkl} + \gamma_m + (\tau\gamma)_{im} + \varepsilon_{ijkem}$$

Donde:

y_{ijklm} : es el valor para la variable en estudio con el efecto del Ambiente i , en la semana j , para la vaca k , en la zona l , en la hora m .

μ : es el promedio poblacional de la variable respuesta.

τ_i : es el efecto del Ambiente “i”, con $i = 1, 2, 3$.

f_j : es el efecto de la semana “j”, con $j = 1, 2, 3$.

C_k : es el efecto de la vaca “k”, con $k = 1, 2, 3$.

Z_l : es el efecto de la zona “l”, con $l = 1, 2, 3$.

$(\tau Z)_{il}$: es el efecto de la interacción Ambiente por zona.

δ_{ijk} : es el error asociado a las unidades experimentales.

γ_m : es el efecto de la hora de muestreo “m”, con $m = 1, 2, \dots, 6$.

$(\tau\gamma)_{im}$: es el efecto de la interacción Ambiente por hora.

\mathcal{E}_{ijklm} : es el error asociado en cada medida repetida (dentro de la unidad experimental).

El TP, de rumia y de otras actividades dado por los GR y expresado en minutos, las variables de producción y composición de leche (litros de leche, porcentaje de grasa, proteína y sólidos totales), así como la composición de la pastura consumida (porcentaje de MS, proteína, FDN, FDA y ceniza) fueron analizadas con un modelo lineal utilizando el Proc GLM del SAS (versión 9.1).

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + f_j + c_k + \mathcal{E}_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} : es el valor para la variable en estudio con el efecto del Ambiente i , en la semana j , para la vaca k .

μ : es el promedio poblacional de la variable respuesta.

τ_i : es el efecto del Ambiente “i”, con $i = 1, 2, 3$.

f_j : es el efecto de la semana ‘j’, con $j = 1, 2, 3$.

c_k : es el efecto de la vaca “k”, con $k = 1, 2, 3$.

ε_{ijk} : es el error asociado con la lectura del i-ésimo Ambiente en la j-esima semana y en la k-ésima vaca.

La frecuencia de visitas a cada zona expresado en proporción, se analizó mediante modelo lineal asumiendo distribución binomial (Proc Genmod, SAS v9.1). La estructura de covarianza fue modelada con la opción AR1 (autocorrelación de primer orden).

$$\text{Ln} (y_{ijk} / 1 - y_{ijk}) = \beta_0 + \tau_i + f_j + c_k$$

Donde:

$y_{ijk} / 1 - y_{ijk}$ = es el valor para la característica en estudio.

β_0 : intercepto.

τ_i : es el efecto del Ambiente “i”, con $i = 1, 2, 3$.

f_j : es el efecto de la semana “j”, con $j = 1, 2, 3$.

C_k : es el efecto de la vaca “k”, con $k = 1, 2, 3$.

3.10.2.2 Vacas no fistuladas

No se utilizó diseño experimental en las vacas no fistuladas y los resultados fueron presentados únicamente de manera descriptiva.

4 RESULTADOS

4.1 INVIERNO – ESTACIÓN I

4.1.1 Clima

Durante el período de duración de la Estación I se registró una temperatura promedio de $9,9 \pm 3,10$ °C, con una máxima de 16,2 °C y una mínima de 5,3 °C. La precipitación acumulada para esta estación fue de 38,6 mm. En los días de muestreo se pudo ver cierta variabilidad en el clima, con respecto a la temperatura media, ya que se tuvo una máxima de 13,7 °C (segunda semana) y una mínima de 7,4 °C (tercera semana); pero la precipitación fue muy homogénea para los días en mención. La gráfica 1 resume lo descrito.

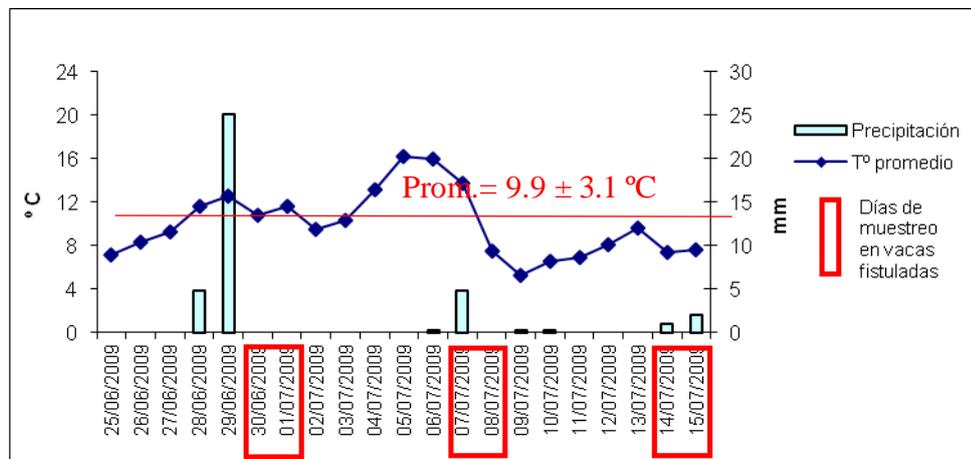


Gráfico 1: Precipitación y temperatura media durante la Estación I.

4.1.2 Pastura

Para los Ambientes, a inicio de la Estación I, los coeficientes de correlación entre las 6 variables originales (de la pastura) y los valores de los dos primeros componentes principales (eje 1 y eje 2) fueron responsables del 100 % de la

información contenida en el conjunto de las variables originales (cuadro 2). En este cuadro también podemos observar que en el eje 1 las variables de mayor peso (en negrita) son presencia de suelo desnudo, festuca, resto seco y gramínea maleza. Las variables altura de la pastura y presencia de maleza enana tienen mayor peso en el eje 2.

El A2 tuvo una mayor presencia de suelo desnudo y gramínea maleza que el A1 y el A3, siendo menor esta presencia en el A3. En el A3 se observó mayor presencia de festuca y resto seco que en el A1 y en el A2, siendo menor en el A2. En el A1 se notó mayor altura de la pastura que en los otros Ambientes, pero también dejó ver la presencia más baja de maleza enana, dándose los mayores valores de esta variable en el A2 y el A3. (Gráfico 2).

Cuadro 2: Caracterización de los Ambientes: Coeficientes de correlación entre las variables originales y los componentes principales (eje 1 y eje 2) y porcentaje de información contenida por los componentes principales (% VAR. y % VAR. ACUM.) a inicio de la Estación I.

Variable	Eje 1	Eje 2
Altura pastura	0,57	-0,82
Suelo desnudo	0,99	-0,17
Festuca	-0,97	-0,24
Resto seco	-0,96	-0,29
Gramínea maleza	0,98	0,19
Maleza enana	-0,06	1,00
% VAR.	68,77	31,23
% VAR. ACUM.	68,77	100,00

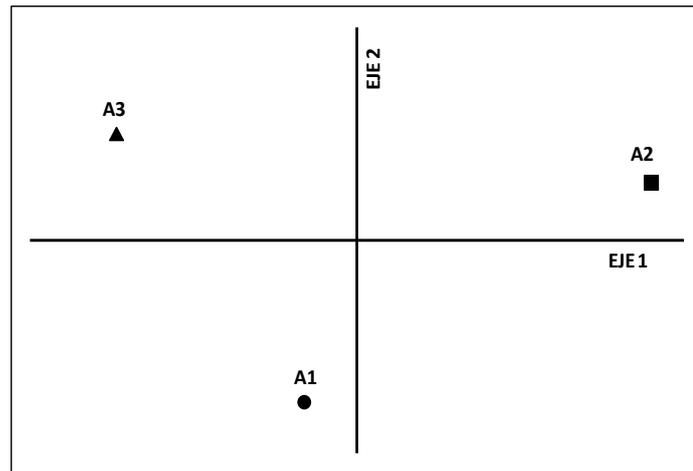


Gráfico 2: Caracterización de los Ambientes: Ubicación de los Ambientes (A) en los componentes principales (eje 1 y eje 2) a inicio de la Estación I.

Cabe mencionar que previo al experimento, las condiciones climáticas fueron muy drásticas. Se dieron periodos agudos de déficit hídrico que cubrieron las primaveras 2006 – 2007 y casi todo el 2008 (Chilibroste *et al.*, 2010) y afectó considerablemente las características de la pastura.

Para los Ambientes, al finalizar la Estación I, los coeficientes de correlación entre las 6 variables originales (de la pastura) y los valores de los dos primeros componentes principales (eje 1 y eje 2) fueron responsables del 100 % de la información contenida en el conjunto de las variables originales (Cuadro 3). En este cuadro también podemos observar que en el eje 1 las variables de mayor peso (en negrita) son altura de la pastura, presencia de suelo desnudo, de festuca, de resto seco y de maleza enana. La variable presencia de gramínea maleza tiene mayor peso en el eje 2.

El A1 presentó mayor altura de la pastura, mayor presencia de suelo desnudo, de festuca y de resto seco que el A3 y el A2. En el A3 se observó mayor presencia de gramínea maleza que en el A1 y el A2, siendo menor esta presencia en el A2, pero al mismo tiempo fue el A2 y el A3 los que dejaron ver los valores más altos en presencia de maleza enana (Gráfico 3).

Cuadro 3: Caracterización de los Ambientes: Coeficientes de correlación entre las variables originales y los componentes principales (eje 1 y eje 2) y porcentaje de información contenida por los componentes principales (% VAR. y % VAR. ACUM.) al finalizar la Estación I.

Variable	Eje 1	Eje 2
Altura pastura	0,90	-0,43
Suelo desnudo	0,74	0,67
Festuca	0,94	-0,34
Resto seco	0,76	-0,65
Gramínea maleza	-0,49	-0,87
Maleza enana	-0,95	-0,30
% VAR.	66,16	33,84
% VAR. ACUM.	66,16	100,00

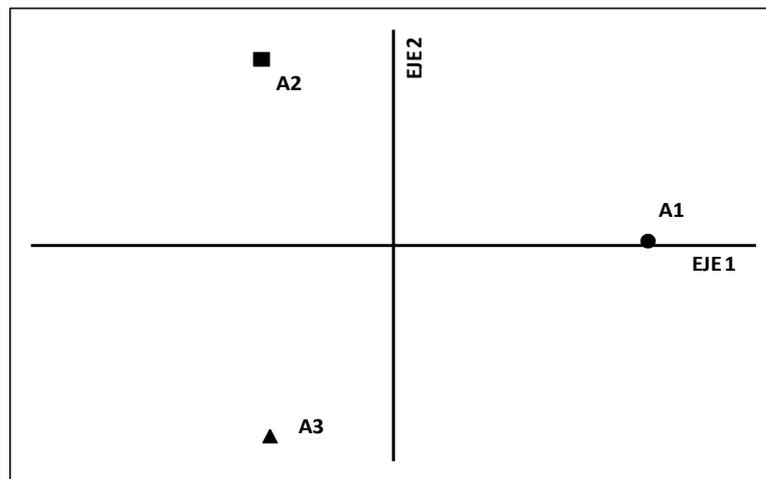


Gráfico 3: Caracterización de los Ambientes: Ubicación de los Ambientes (A) en los componentes principales (eje 1 y eje 2) al finalizar la Estación I.

Para la zona dentro del Ambiente, a inicio de la Estación I, los coeficientes de correlación entre las 6 variables originales (de la pastura) y los valores de los dos primeros componentes principales (eje 1 y eje 2) fueron responsables del 84 % de la información contenida en el conjunto de las variables originales (cuadro 4). En este cuadro también podemos observar que en el eje 1 las variables de mayor peso (en negrita) son altura de la pastura, presencia de de suelo desnudo, de festuca y de resto

seco. En el eje 2, la presencia de gramínea maleza y de maleza enana son las de mayor peso.

El gráfico 4 nos deja ver que tanto para el A1 (redondos), el A2 (cuadrados) como el A3 (triángulos), sufren una importante diferenciación en las características de la pastura dada por la zona. Siendo así, en la zona baja de todos los Ambientes (línea punteada; A1-b, A2-b y A3-b) se encontró mayor altura de pastura, mayor presencia de festuca y de resto seco y la presencia más baja de suelo desnudo. La zona alta de todos los Ambientes (línea continua; A1-a, A2-a y A3-a) presentó mayor presencia de suelo desnudo y de gramínea maleza, y la menor presencia de maleza enana, de festuca, de resto seco y menor altura de la pastura. Y en la zona superficial (línea intermitente; A1-s, A2-s y A3-s) se presentaron los valores más altos de maleza enana y los valores más bajos en presencia de gramínea maleza (acentuado sobre todo en la zona superficial del A2).

Cuadro 4: Caracterización de las zonas por Ambiente: Coeficientes de correlación entre las variables originales y los componentes principales (eje 1 y eje 2) y porcentaje de información contenida por los componentes principales (% VAR. y % VAR. ACUM.) a inicio de la Estación I.

Variable	Eje 1	Eje 2
Altura pastura	-0,91	-0,20
Suelo desnudo	0,72	0,43
Festuca	-0,96	0,18
Resto seco	-0,95	0,19
Gramínea maleza	0,61	0,65
Maleza enana	0,52	-0,83
% VAR.	63,66	22,81
% VAR. ACUM.	63,66	86,47

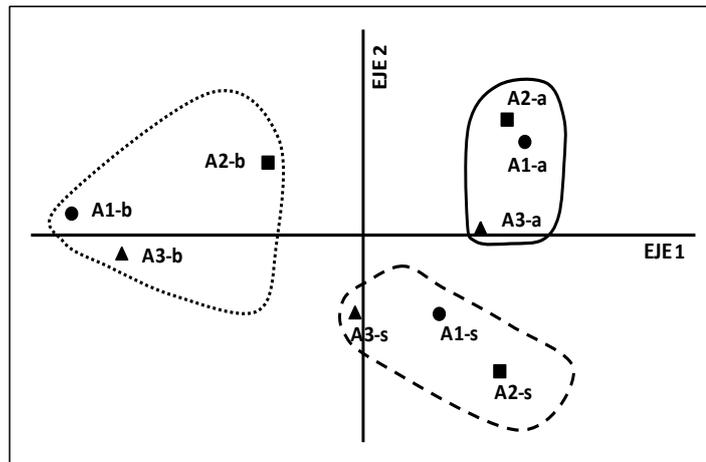


Gráfico 4: Caracterización de las zonas por Ambiente (A): Ubicación de las zonas por Ambiente en los componentes principales (eje 1 y eje 2) a inicio de la Estación I.

Para la zona dentro del Ambiente, al finalizar la Estación I, los coeficientes de correlación entre las 6 variables originales (de la pastura) y los valores de los dos primeros componentes principales (eje 1 y eje 2) fueron responsables del 71 % de la información contenida en el conjunto de las variables originales (cuadro 5). En este cuadro también podemos observar que en el eje 1 las variables de mayor peso (en negrita) son presencia de festuca, de resto seco y de maleza enana. En el eje 2 son altura de la pastura, presencia de suelo desnudo y de gramínea maleza las variables de mayor peso.

En el gráfico 5 observamos que en el A1 (redondos), el A2 (cuadrados) y el A3 (triángulos) se da una diferenciación en las características de la pastura, que también está dada por la zona, especialmente las zonas alta y superficial. La zona alta (línea continua; A1-a, A2-a y A3-a) terminó con mayor presencia de suelo desnudo y de gramínea maleza y menor altura de la pastura. En el caso de la zona superficial (línea intermitente; A1-s, A2-s y A3-s) se observaron los valores más altos en presencia de maleza enana (sobre todo en el superficial del A2) y los valores más bajos en presencia de festuca y de resto seco. En la zona baja se hace difícil realizar una caracterización conjunta, así en la zona baja del A1 se pudo ver mayor presencia de festuca y de resto seco y menor presencia de maleza enana. La zona baja del A2 presentó valores medios

para todas las variables; y en la zona baja del A3 se pudo observar mayor altura de la pastura y menor presencia de suelo desnudo y de gramínea maleza.

Cuadro 5: Caracterización de las zonas por Ambiente: Coeficientes de correlación entre las variables originales y los componentes principales (eje 1 y eje 2) y porcentaje de información contenida por los componentes principales (% VAR. y % VAR. ACUM.) al finalizar la Estación I.

Variable	Eje 1	Eje 2
Altura pastura	-0,55	0,81
Suelo desnudo	-0,41	-0,86
Festuca	-0,76	-0,49
Resto Seco	-0,81	0,49
Gram. maleza	-0,12	-0,35
Maleza enana	0,74	0,10
% VAR.	37,63	33,42
% VAR. ACUM.	37,63	71,06

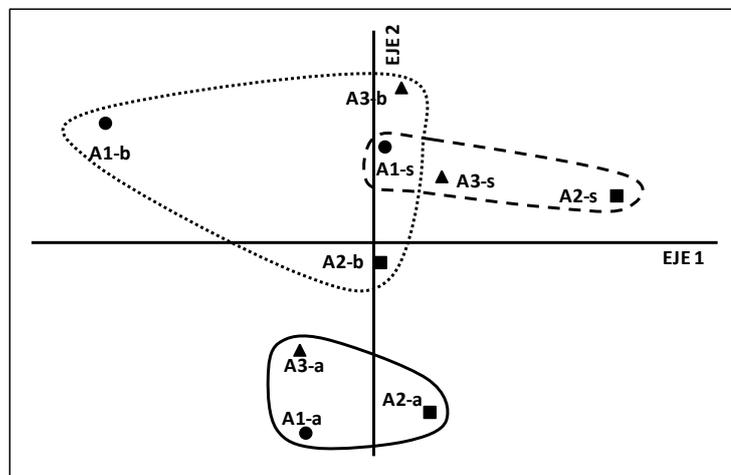


Gráfico 5: Caracterización de las zonas por Ambiente (A): Ubicación de las zonas por Ambiente en los componentes principales (eje 1 y eje 2) al finalizar la Estación I.

Al iniciar la Estación I, el A3 presentó la mayor cantidad de forraje disponible y el A2 la menor. Con respecto a la zona, fue en la zona baja de todos los Ambientes

donde se dio la mayor cantidad de forraje disponible; y en la zona superficial, el disponible de pastura más bajo, para todos los Ambientes, a excepción de la zona superficial del A1 (cuadro 6).

Cuadro 6: Forraje disponible (kg MS.ha⁻¹) por zona por Ambiente, a inicio de la Estación I.

Ambiente	Zona alta	Zona superficial	Zona baja	PROMEDIO AMBIENTE
A1	897,2	1033,5	2188,4	1373,1
A2	1378,3	667,1	1578,7	1208,0
A3	1153,1	1129,9	2104,6	1462,5
PROMEDIO ZONA	1142,9	943,5	1957,2	1347,9

Al finalizar la Estación I, fue el A1 el que presentó mayor cantidad de forraje disponible y el A2, la menor. Y con respecto a la zona, fue en la zona baja de todos los Ambientes que registró la mayor cantidad de forraje disponible, a excepción de la zona baja del A2; y el disponible de pastura más bajo no se dio en una zona en específico (cuadro 7).

Cuadro 7: Forraje disponible (kg MS.ha⁻¹) por zona por Ambiente, al finalizar la Estación I.

Ambiente	Zona alta	Zona superficial	Zona baja	PROMEDIO AMBIENTE
A1	623,4	646,3	1172,1	814,0
A2	720,6	457,2	405,9	527,9
A3	796,7	707,2	895,1	799,6
PROMEDIO ZONA	713,6	603,6	824,4	713,8

A inicio de la Estación I, el A3 fue el que presentó mayor tasa de crecimiento, y el A2 la menor. Con respecto a la zona, se encontró que la tasa de crecimiento fue mayor en la zona alta de todos los Ambientes, con excepción de la zona alta del A3, ya que fue en la zona baja de este Ambiente, donde se dio la mayor tasa de crecimiento (cuadro 8).

Cuadro 8: Tasa de crecimiento ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) por zona por Ambiente, a inicio de la Estación I.

Ambiente	Zona alta	Zona baja	PROMEDIO AMBIENTE
A1	0,7	0,0	0,4
A2	15,3	0,0	7,7
A3	9,9	21,9	15,9
PROMEDIO ZONA	8,6	7,3	8,0

Al finalizar la Estación I, el A3 fue el que también mostró mayor tasa de crecimiento, y el A1 la menor. Y con respecto a la zona, se encontró que la tasa de crecimiento fue mayor en la zona alta de todos los Ambientes (cuadro 9).

Cuadro 9: Tasa de crecimiento ($\text{kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) por zona por Ambiente, al finalizar la Estación I.

Ambiente	Zona alta	Zona baja	PROMEDIO AMBIENTE
A1	0,0	0,0	0,0
A2	11,0	0,0	5,5
A3	28,0	0,0	14,0
PROMEDIO ZONA	13,0	0,0	6,5

Con respecto a la calidad de la pastura cosechada, en el cuadro 10 podremos ver que sólo se encontró diferencias significativas entre Ambientes, en la proteína de la pastura consumida ($p < 0,05$). El A2 (16,6) fue mayor que el A1 (12,1); sin embargo el A3 (14,4) no se diferenció significativamente de los otros Ambientes.

Cuadro 10: Composición química de la pastura consumida (cosechada) en los Ambientes, durante la Estación I.

Ambiente	Materia Seca (%)	Proteína (%)	FDN (%)*	FDA (%)**	Ceniza (%)
A1	37,1	12,1 <i>b</i>	51,7	26,1	12,6
A2	29,4	16,6 <i>a</i>	49,2	23,2	15,7
A3	31,8	14,8 <i>ab</i>	50,2	24,2	13,8
E.E.	2,42	0,58	1,03	0,61	0,61
p-valor	0,19	0,04	0,83	0,43	0,16
CV	30,9	15,2	7,9	9,7	16,5

(*): Fibra Detergente Neutro. (**): Fibra Detergente Ácido. E.E.: error estándar.
CV: coeficiente de variabilidad.

4.1.3 Conducta de Pastoreo

4.1.3.1 Tasa de Bocado (TB)

Se observó que las diferencias en TB fueron dadas por efecto de la zona ($p < 0,05$) y no del Ambiente ($p = 0,20$). El efecto de la interacción Ambiente*zona fue significativa ($p < 0,05$). Cabe mencionar que ni la Hora ($p = 0,15$) ni la interacción Ambiente*Hora ($p = 0,63$) fueron significativos. Los promedios de TB por Ambiente los observamos en el cuadro 11.

En general, la zona alta mostró la TB más baja y las diferencias significativas ($p < 0,05$) sólo se llegaron a dar entre la zona alta del A1 y del A2 (cuadro 11). La zona baja siempre presentó mayores TB en todos los Ambientes pero no se presentaron diferencias significativas entre ellas, del mismo modo en la zona superficial.

Cuadro 11: Promedios y desvíos estándar de la TB (TB; bocados/minuto) en las zonas dentro de cada Ambiente, durante la Estación I.

Ambiente	Zona alta	Zona superficial	Zona baja
A1	36 ± 3,2 <i>c</i>	50 ± 1,8 <i>ab</i>	57 ± 1,6 <i>a</i>
A2	49 ± 2,2 <i>ab</i>	49 ± 1,6 <i>b</i>	52 ± 1,8 <i>ab</i>
A3	41 ± 2,8 <i>bc</i>	48 ± 1,6 <i>b</i>	52 ± 1,7 <i>ab</i>

Letras diferentes señalan diferencias significativas entre filas y columnas ($p < 0,05$).

4.1.3.2 Frecuencia de visitas a cada zona

Al analizar la frecuencia de visitas (en proporción) a las distintas zonas, no se encontró efecto de los Ambientes. El promedio por zona en la frecuencia de visitas fue 0,15 para la zona alta, de 0,41 para la zona superficial y de 0,42 para la zona baja. En la gráfica 6 podemos observar que en el A1 al igual que en el A3, se dio una mayor concentración de visitas en la zona baja, superando ligeramente a la zona superficial y marcadamente a la zona alta; mientras que en el A2 fue en la zona superficial donde se dio la mayor concentración de visitas. Fue entonces, en la zona superficial y en la zona baja donde se dieron mayor frecuencia de visitas, que superaron largamente a la zona alta. El A2 influye fuertemente en este resultado ya que eleva el número de visitas en la zona superficial y lo disminuye para la zona baja.

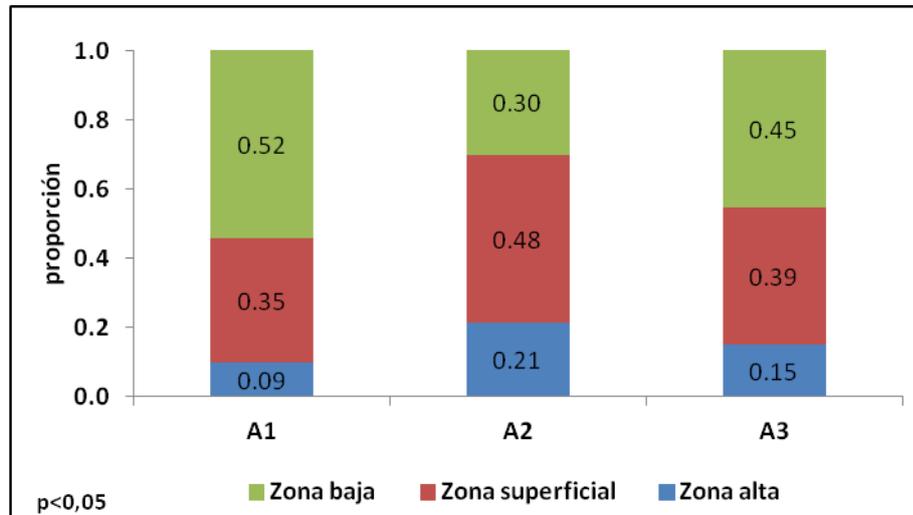
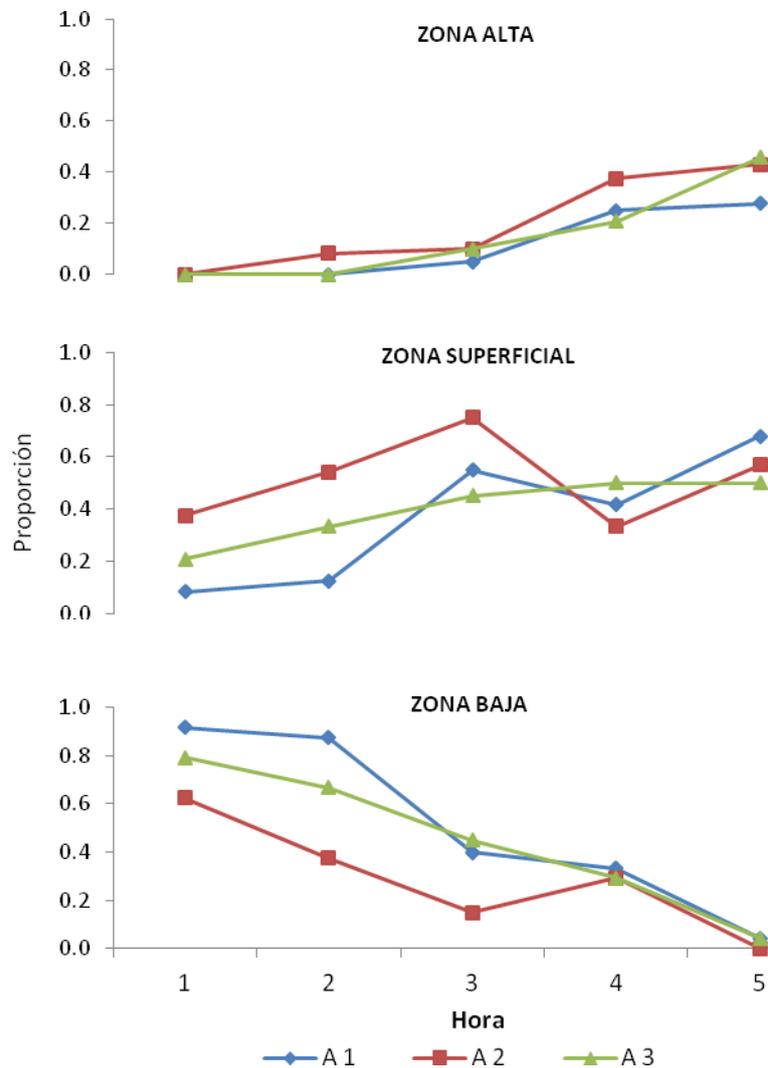


Gráfico 6: Frecuencia de visitas en cada zona por Ambiente (A), durante la Estación I

La gráfica 7 nos deja ver que a lo largo de la sesión de pastoreo, la zona baja se impone en todos los Ambientes durante las primeras horas para luego descender en las horas posteriores, patrón que se repite en todos los Ambientes. En las últimas horas de la sesión las vacas incrementaron sus visitas a la zona superficial y a la zona alta.



Gráfica 7: Frecuencia de visitas a cada zona por Ambiente (A) a lo largo de la sesión de pastoreo, durante la Estación I.

Cabe mencionar que la semana mostró una tendencia a diferenciarse en la proporción de visitas a la zona superficial ($p < 0,10$), empezando con una baja concentración de las visitas (en proporción) en las primera semana (0,27), para posteriormente aumentar para la segunda (0,50) y tercera semana (0,46).

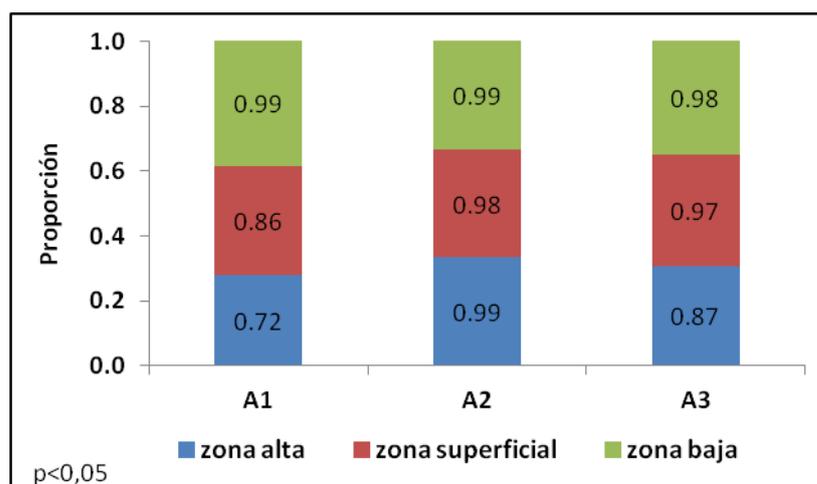
4.1.3.3 Actividad de pastoreo (Tiempo de pastoreo en proporción).

El cuadro 12 nos deja ver que el Ambiente presentó un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre el TP (expresado en proporción). El A2 mostró mayor actividad de pastoreo que el A1, mientras que el A3 no se diferenció significativamente de los otros Ambientes. La zona y la interacción Ambiente * zona mostraron una tendencia ($p < 0,10$) a diferenciarse en esta variable (gráfico 8).

Cuadro 12: TP, expresado en proporción*, en los diferentes Ambientes, durante la Estación I.

Ambiente	Tiempo pastoreo
A1	$0,91 \pm 0,034$ <i>b</i>
A2	$0,99 \pm 0,011$ <i>a</i>
A3	$0,96 \pm 0,018$ <i>ab</i>
p-valor	< 0.05

(*) Expresado en proporción de veces que fue vista pastoreando.



Gráfica 8: TP en cada zona para cada Ambiente (proporción), durante la Estación I.

4.1.3.4 Actividad de pastoreo.

Las actividades de pastoreo (TP, de rumia y de descanso) dadas por los GR y registrada en minutos, no mostraron diferencias significativas entre los Ambientes. Cabe resaltar que se observó un 95 % del tiempo de duración de la sesión de pastoreo dedicado al pastoreo efectivo, quedando un muy escaso margen para las actividades de rumia, descanso, etc. (cuadro 13).

Cuadro 13: Medias de mínimos cuadrados del tiempo efectivo de pastoreo, de rumia y de otras actividades (otros), expresada en minutos, durante la Estación I.

Ambiente	Tiempo Pastoreo	Tiempo Rumia	Tiempo Otros
A1	282,9	9,6	7,5
A2	290,5	0,0	9,5
A3	285,1	4,7	10,3
E.E.	31,92	14,27	17,71
p-valor	0,96	0,75	0,98
CV	11,2	300,0	194,7

(*): expresado en minutos por día (min.día^{-1}). E.E.: error estándar.
CV: coeficiente de variabilidad.

En el caso de las vacas no fistuladas, para la conducta de pastoreo expresada en proporción, la mayor cantidad del tiempo la dedicaron a pastorear, resultado que es común en todos los Ambientes, siendo ligeramente superior en el A3 (0,8), pero con detrimento del tiempo dedicado a la rumia (cuadro 14), resultado que coincide con la conducta de pastoreo expresada en minutos (cuadro 15).

Cuadro 14: Medias y desvío estándar del TP, rumia y otros (expresado en proporción) de las vacas no fistuladas para los diferentes Ambientes, durante la Estación I.

Ambiente	Tiempo pastoreo*	Tiempo rumia**	Tiempo otros**
A1	0,7 ± 0,03	0,0 ± 0,05	0,3 ± 0,04
A2	0,7 ± 0,05	0,1 ± 0,05	0,3 ± 0,03
A3	0,8 ± 0,04	0,0 ± 0,02	0,3 ± 0,05

(*) Expresado en proporción de los minutos totales de pastoreo.

Cuadro 15: Medias y desvío estándar del TP, rumia y otros (expresado en minutos) de las vacas no fistuladas para los diferentes Ambientes, durante la Estación I.

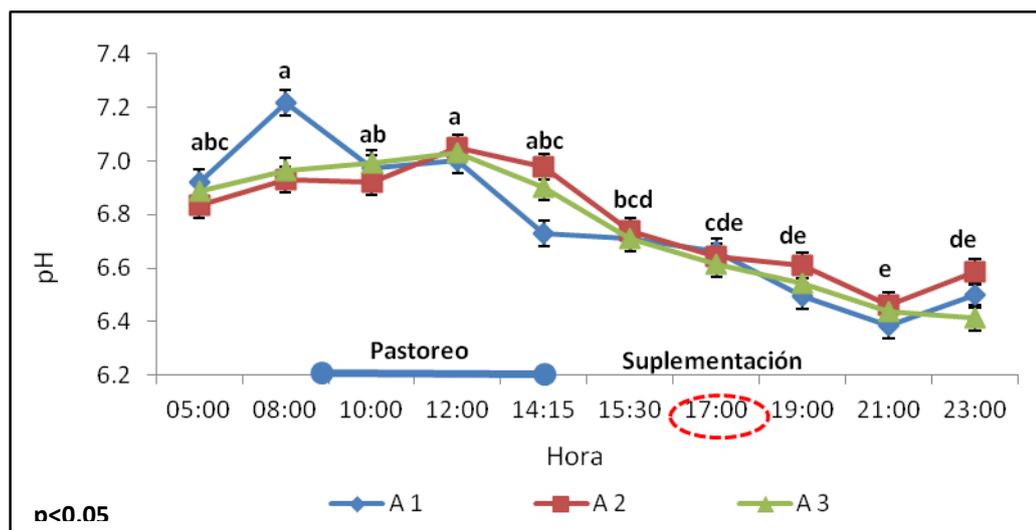
Ambiente	Tiempo pastoreo	Tiempo rumia	Tiempo otros
A1	282,6 ± 23,86	11,0 ± 21,50	6,5 ± 14,65
A2	283,4 ± 18,23	14,7 ± 16,74	1,9 ± 3,94
A3	289,9 ± 16,42	1,4 ± 3,42	8,7 ± 16,84

4.1.4 Fermentación ruminal

4.1.4.1 pH

No hubo efecto significativo del Ambiente ($p=0,88$) sobre los valores de pH ruminal (cuadro 16). Tampoco fue significativa la interacción Ambiente*hora de muestreo ($p=0,82$). Con respecto a la hora de muestreo, en la gráfica 9 observamos que presentó efecto significativo ($p<0,05$). Este gráfico nos muestra que los Ambientes presentan un comportamiento similar a lo largo de las horas de muestreo, donde a la primera hora de muestreo (05:00) se presentaron los valores más altos de pH (6,9). Al inicio de la sesión de pastoreo (08:00) es visible un aumento de pH (7,2) pero sólo en el A1. Al finalizar la sesión de pastoreo (14:15) se observa un marcado

descenso que se extiende hasta las 21:00 horas (durante encierro) con un pH de 6,4. Posteriormente el pH para el A1 y A2 ascendió ligeramente (6,5) a la última hora de muestreo (23:00), mas no para A3 que siguió descendiendo.



Las letras muestran las diferencias significativas sólo para hora de muestreo.

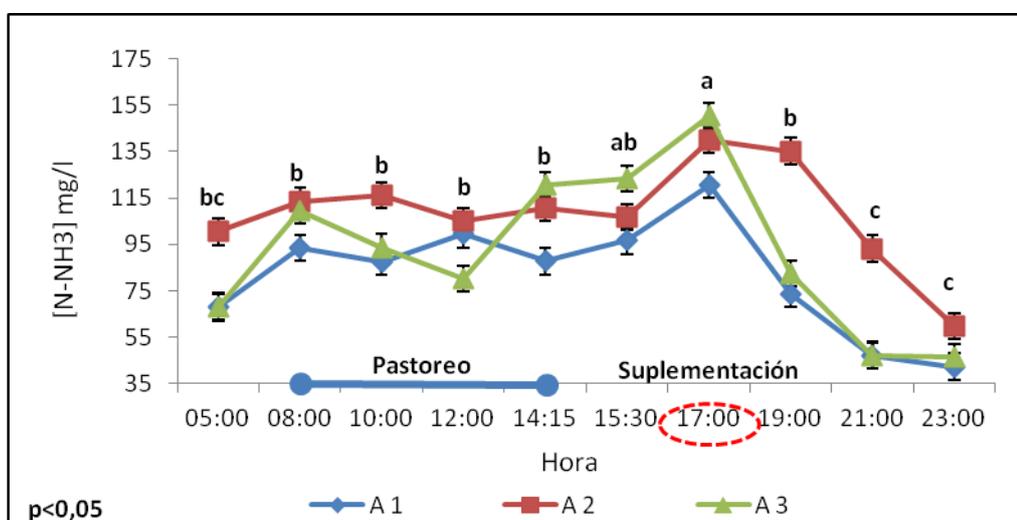
Gráfica 9: pH de los Ambientes (A) a lo largo de las horas de muestreo, durante la Estación I.

4.1.4.2 Concentración de nitrógeno amoniacal [N-NH₃]

Los valores de [N-NH₃] presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los Ambientes. En A2 se vio una concentración mayor y significativamente diferente de A1 y A3 (cuadro 16). No existió interacción Ambiente*hora de muestreo ($p = 0,19$). En la gráfica 10 se puede apreciar que se dieron diferencias significativas a lo largo de la hora de muestreo ($p < 0,05$).

La hora de muestreo (gráfica 10), la [N-NH₃] de todos los Ambientes tienden a comportarse de forma constante durante el pastoreo para luego empezar a caer marcadamente a partir de la suplementación. De forma específica, en la primera hora de muestreo (05:00) A2 muestra un valor superior (100,5 mg/l de concentración) a la

mostrada por A1 (68,3 mg/l) y A3 (67,8 mg/l). Desde las 10:00 horas (durante la sesión de pastoreo) hasta el final de la sesión (14:15) A1 se comporta de manera contraria a A2 y A3. Posteriormente, desde el final de la sesión de pastoreo hasta el inicio de la suplementación (17:00) los tres Ambientes tienden a elevar su la [N-NH₃] hasta un valor promedio de 137,1 mg/l. Desde el inicio de la suplementación hasta la última hora de muestreo (23:00) se observa un notable descenso en la concentración de todos los Ambientes.



Las letras muestran las diferencias significativas sólo para hora de muestreo.

Gráfica 10: Concentración de nitrógeno amoniacal ([N - NH₃]) de los Ambientes (A) a lo largo de las horas de muestreo, durante la Estación I.

Cuadro 16: pH ruminal y concentración de nitrógeno amoniacal para los diferentes Ambientes, durante la Estación I.

Ambiente	pH	[N-NH ₃] (mg/l)*
A1	6,8	81,7 <i>b</i>
A2	6,8	108,1 <i>a</i>
A3	6,8	92,2 <i>b</i>
p - valor	0,884	0,001

CV	5,1	38,4
E.E.	0,03	2,74

(*): Concentración de nitrógeno amoniacal en miligramos por litro
E.E.: error estándar. CV.: coeficiente de variabilidad (%).

4.1.5 Producción de leche

El cuadro 17 nos muestra que el efecto del Ambiente no fue significativo en la producción y composición de leche.

Cuadro 17: Producción y composición de la leche para cada uno de los Ambientes, durante la Estación I.

Ambiente	Leche*	Proteína**	Grasa**	Sólidos**
A1	20,3	2,8	3,1	11,1
A2	19,7	2,8	3,2	11,1
A3	21,0	2,8	3,1	11,0
E.E.	0,38	0,03	0,05	0,13
p-valor	0,25	0,87	0,83	0,99
CV	8,01	5,23	6,51	4,85

(*) Expresada en litros.vaca⁻¹.día⁻¹.

(**) Expresada en porcentaje.

E.E.: error estándar. CV.: coeficiente de variabilidad (%)

Las vacas no fistuladas presentaron mayor producción de leche en el A2, pero al mismo tiempo fue en el A2 donde se pudo observar menores producciones de grasa y de proteína láctea (cuadro 18).

Cuadro 18: Medias y desvíos estándar de producción y composición de leche de las vacas no fistuladas para cada uno de los Ambientes, durante la Estación I.

Ambiente	Leche*	Proteína**	Grasa**	Sólidos**
A1	21,4 ± 3,00	2,8 ± 0,04	3,3 ± 0,13	11,2 ± 0,21
A2	23,1 ± 2,13	2,7 ± 0,08	3,2 ± 0,34	10,8 ± 0,41
A3	21,2 ± 4,32	2,8 ± 0,06	3,4 ± 0,29	10,9 ± 0,30

(*) Expresada en litros.vaca⁻¹.día⁻¹. (**) Expresada en porcentaje.

4.1.6 Relaciones entre conducta de pastoreo con fermentación ruminal y producción de leche.

Se encontraron algunas correlaciones significativas entre las variables de conducta de pastoreo y fermentación ruminal (cuadro 19).

Cuadro 19: Correlaciones entre las variables de conducta de pastoreo y fermentación ruminal, durante la Estación I.

Conducta de pastoreo	Fermentación ruminal	r*	p-valor
Proteína**	[N-NH ₃]***	0,84	<0,0001
Fibra Detergente Ácido (FDA)**	[N-NH ₃]	-0,55	0,03

(*): Coeficiente de correlación

(**): De las variables de calidad de pastura seleccionada y consumida, en porcentaje.

(***): Concentración de nitrógeno amoniacal, en miligramos por litro.

También se observaron correlaciones significativas entre algunas variables de conducta de pastoreo y producción de leche (cuadro 20).

Cuadro 20: Correlaciones entre las variables de conducta de pastoreo y producción de leche, durante la Estación I.

Conducta de pastoreo	Producción leche	r*	p-valor
----------------------	------------------	----	---------

Fibra Detergente Neutro (FDN)**	Sólidos leche	-0,66	0,01
Pastoreo***	Sólidos leche	-0,47	0,05
Rumia***	Sólidos leche	0,46	0,06
Materia seca (MS)**	Sólidos leche	0,48	0,07
Tasa de bocado (TB)(boc/min)	Proteína láctea	-0,42	0,09

(*): Coeficiente de correlación

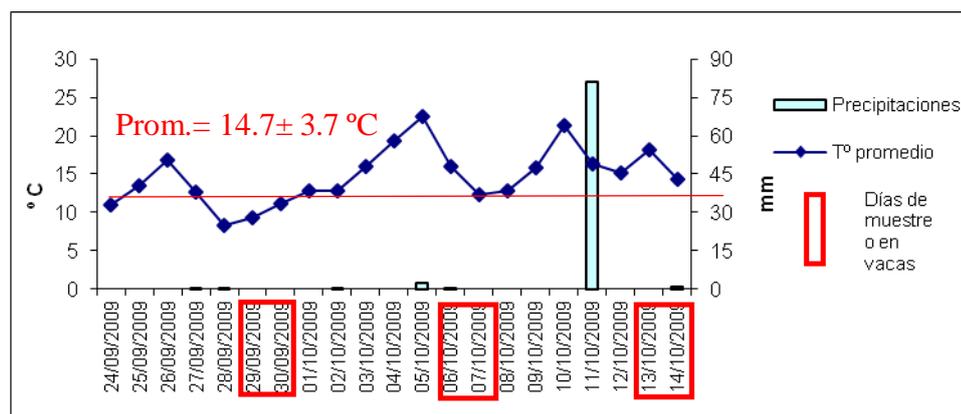
(**): De las variables de calidad de pastura seleccionada y consumida, en porcentaje.

(***): Expresado en proporción de veces que pastoreó y rumió respectivamente.

4.2 PRIMAVERA – ESTACIÓN II

4.2.1 Clima

A lo largo de la Estación II se registró una temperatura promedio de $14,7 \pm 3,70$ °C, con una máxima de 22,5 °C y una mínima de 8,3 °C. La precipitación acumulada para esta estación fue de 85,7 mm. En los días de muestreo se dio una temperatura máxima de 18,2 °C (tercera semana) y una mínima promedio de 9,3 °C (primera semana). En la gráfica 11 se resume lo descrito.



Gráfica 11: Precipitación y temperatura media durante la Estación II.

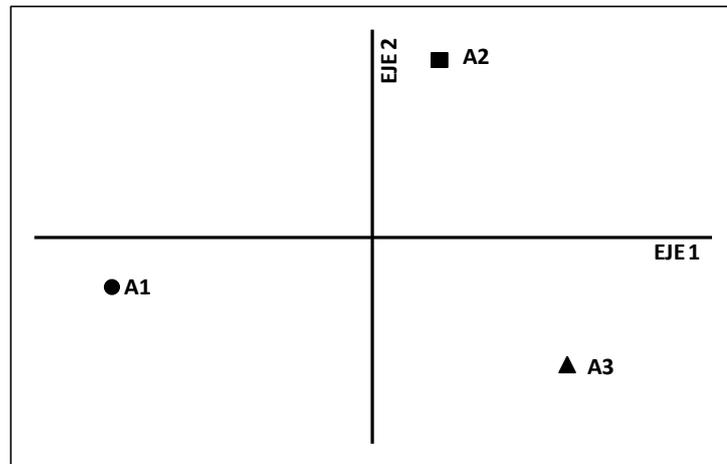
4.2.2 Pastura

Para los Ambientes, a inicio de la Estación II, los coeficientes de correlación entre las 6 variables originales (de la pastura) y los valores de los dos primeros componentes principales (eje 1 y eje 2) fueron responsables del 100 % de la información contenida en el conjunto de las variables originales (cuadro 21). En este cuadro también podemos observar que en el eje 1 las variables de mayor peso (en negrita) son altura de la pastura, presencia de festuca, de resto seco, de gramínea maleza y de maleza enana. La variable presencia de suelo desnudo tiene mayor peso en el eje 2.

El A1 presentó mayor altura de la pastura, mayor presencia de festuca, de resto seco, de gramínea maleza y de maleza enana que el A2 y el A3, siendo el A3 el de menor registro para estas variables. En el A2 se observó mayor presencia de suelo desnudo que en el A1 y el A3, siendo menor en el A3 (gráfica 12).

Cuadro 21: Caracterización de los Ambientes: Coeficientes de correlación entre las variables originales y los componentes principales (eje 1 y eje 2) y porcentaje de información contenida por los componentes principales (% VAR. y % VAR. ACUM.) a inicio de la Estación II.

Variable	Eje 1	Eje 2
Altura pastura	-0,97	-0,26
Suelo desnudo	-0,52	0,86
Festuca	-1,00	0,06
Resto Seco	-0,96	-0,29
Gram. maleza	-1,00	-0,06
Maleza enana	-1,00	0,09
% VAR.	85,03	14,97
% VAR. ACUM.	85,03	100,00



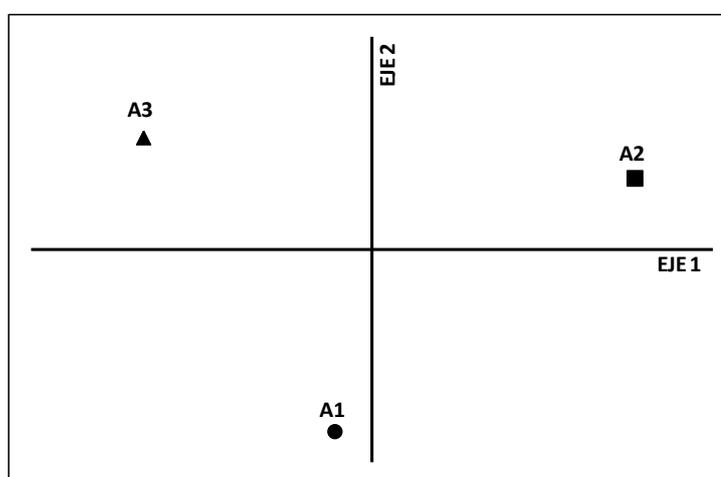
Gráfica 12. Caracterización de los Ambientes: Ubicación de los Ambientes (A) en los componentes principales (eje 1 y eje 2), a inicio de la Estación II.

Para los Ambientes, al finalizar la Estación II, los coeficientes de correlación entre las 6 variables originales (de la pastura) y los valores de los dos primeros componentes principales (eje 1 y eje 2) fueron responsables del 100 % de la información contenida en el conjunto de las variables originales (cuadro 22). En este cuadro se observa también que todas las variables son las que predominan en el eje 1 (en negrita).

El A3 presentó mayor altura de la pastura, mayor presencia de festuca, de gramínea maleza y de maleza enana, que el A1 y el A2, siendo menor la presencia de estas variables en el A2. En el A2 se observó mayor presencia de suelo desnudo y de resto seco comparado al A1 y al A3, siendo menor en el A3. El A1 presentó valores medios de todas las variables (gráfica 13).

Cuadro 22: Caracterización de los Ambientes: Coeficientes de correlación entre las variables originales y los componentes principales (eje 1 y eje 2) y porcentaje de información contenida por los componentes principales (% VAR. y % VAR. ACUM.), al finalizar la Estación II.

Variable	Eje 1	Eje 2
Altura pastura	-0,99	-0,12
Suelo desnudo	0,97	-0,26
Festuca	-0,99	0,11
Resto Seco	0,95	-0,31
Gram. maleza	-0,95	-0,30
Maleza enana	-0,96	-0,27
% VAR.	94,04	5,96
% VAR. ACUM.	94,04	100,00



Gráfica 13: Caracterización de los Ambientes: Ubicación de los Ambientes (A) en los componentes principales (eje 1 y eje 2), al finalizar la Estación II.

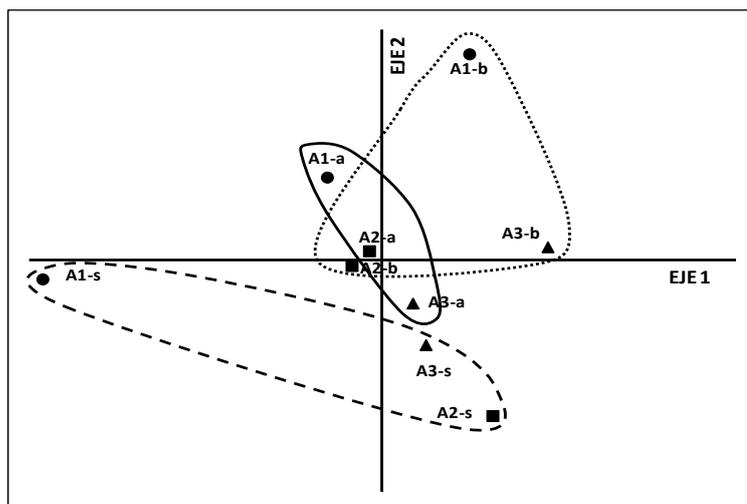
Para la zona dentro del Ambiente, a inicio de la Estación II, los coeficientes de correlación entre las 6 variables originales (de la pastura) y los valores de los dos primeros componentes principales (eje 1 y eje 2) fueron responsables del 66 % de la información contenida en el conjunto de las variables originales (cuadro 23). Este cuadro también muestra que en el eje 1 las variables de mayor peso (en negrita) son presencia de suelo desnudo, de resto seco, de gramínea maleza y de maleza enana. En el eje 2 son altura de la pastura y presencia de festuca las variables de mayor peso.

En la gráfica 14 se visualiza que tanto en el A1 (redondos), en el A2 (cuadrados) como en el A3 (triángulos) se da cierta diferenciación en las características de la pastura dada por la zona, especialmente las zonas alta y superficial, aunque el A3

logró atenuar este efecto. La zona alta de todos los Ambientes (línea continua; A1-a, A2-a y A3-a) dio valores medios para todas las variables. En la zona superficial de todos los Ambientes (línea intermitente; A1-s, A2-s y A3-s) se encontró menor altura de la pastura y menor presencia de festuca, y al mismo tiempo el A1-s presentó los valores más altos para las variables de suelo desnudo, de resto seco, de gramínea maleza y de maleza enana. Para el caso de la zona baja (línea punteada; A1-b, A2-b y A3-b) no es posible dar una caracterización como zona por el comportamiento bastante heterogéneo de la zona dentro en cada Ambiente: en el A1-b se vieron los valores más altos de altura de pastura y presencia de festuca, en el A2-b se dieron valores medios para todas las variables, y en el A3-b se dieron los valores más bajos para las variables de presencia de suelo desnudo, de resto seco, de gramínea maleza y de maleza enana.

Cuadro 23: Caracterización de las zonas por Ambiente: Coeficientes de correlación entre las variables originales y los componentes principales (eje 1 y eje 2) y porcentaje de información contenida por los componentes principales (% VAR. y % VAR. ACUM.), a inicio de la Estación II.

Variable	Eje 1	Eje 2
Altura pastura	-0,10	0,81
Suelo desnudo	-0,53	-0,14
Festuca	0,19	0,90
Resto Seco	-0,89	-0,11
Gram. maleza	-0,88	0,21
Maleza enana	-0,73	0,09
% VAR.	40,12	26,04
% VAR. ACUM.	40,12	66,16



Gráfica 14: Caracterización de las zonas por Ambiente (A): Ubicación de las zonas por Ambiente en los componentes principales (eje 1 y eje 2), a inicio de la estación II.

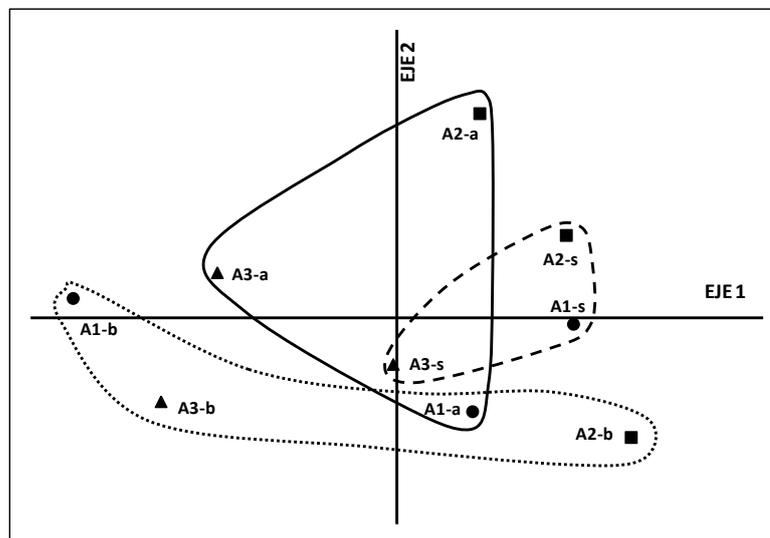
Para la zona dentro del Ambiente, al finalizar la Estación II, los coeficientes de correlación entre las 6 variables originales (de la pastura) y los valores de los dos primeros componentes principales (eje 1 y eje 2) fueron responsables del 63 % de la información contenida en el conjunto de las variables originales (cuadro 24). En este cuadro también podemos observar que en el eje 1 las variables de mayor peso (en negrita) son presencia de suelo desnudo, de festuca, de gramínea maleza y de maleza enana. En el eje 2, son las variables altura de la pastura y presencia de resto seco.

Observando la gráfica 15, observamos cierto decaimiento del efecto de la zona en la caracterización de pastura en los Ambientes (A1: redondos, A2: cuadrados, A3: triángulos). La zona superficial de todos los Ambientes (línea intermitente; A1-s, A2-s y A3-s) presentó valores medios para todas las variables. En la zona baja (línea punteada) del A1 y del A3 se observó mayor presencia de festuca, de gramínea maleza y de maleza enana; mientras que la zona baja del A2 presentó los valores más altos en presencia de suelo desnudo, de resto seco y mayor altura de la pastura. La zona alta (línea continua) del A2 terminó con la menor altura de la pastura y la menor presencia

de resto seco, mientras que la zona alta del A1 y del A3 presentó valores medios para todas las variables.

Cuadro 24: Caracterización de las zonas por Ambiente: Coeficientes de correlación entre las variables originales y los componentes principales (eje 1 y eje 2) y porcentaje de información contenida por los componentes principales (% VAR. y % VAR. la ACUM.), al finalizar Estación II.

Variable	Eje 1	Eje 2
Altura pastura	-0,46	-0,80
Suelo desnudo	0,64	0,17
Festuca	-0,38	0,00
Resto Seco	0,36	-0,77
Gram. maleza	-0,90	-0,06
Maleza enana	-0,83	0,30
% VAR.	39,87	22,77
% VAR. ACUM.	39,87	62,64



Gráfica 15: Caracterización de las zonas por Ambiente (A): Ubicación de las zonas por Ambiente en los componentes principales (eje 1 y eje 2), al finalizar la Estación II.

Cabe mencionar que al iniciar la Estación II, fue el A1 el que presentó mayor cantidad de forraje disponible y A3 el menor. Con respecto a la zona, en el promedio fue la zona superficial la que presentó menores cantidades de forraje disponible, y las zonas alta y baja presentaron valores muy similares entre sí (cuadro 25).

Cuadro 25: Forraje disponible (kg MS.ha-1) por zona por Ambiente, al iniciar la Estación II.

Ambiente	Zona alta	Zona superficial	Zona baja	PROMEDIO AMBIENTE
A1	1343,0	2108,1	1781,2	1744,1
A2	1775,7	516,0	1283,0	1191,6
A3	1344,3	696,7	1550,1	1197,0
PROMEDIO ZONA	1487,7	1106,9	1538,1	1361,0

Al finalizar la Estación II, el A3 mostró la mayor cantidad de forraje disponible y el A2 la menor. Y con respecto a la zona, fue en la zona baja de todos los Ambientes que registró la mayor cantidad de forraje disponible, a excepción de la zona baja del A2; y el disponible de pastura más bajo se dio en la zona superficial (cuadro 26).

Cuadro 26: Forraje disponible (kg MS.ha-1) por zona por Ambiente, al finalizar la Estación II.

Ambiente	Zona alta	Zona superficial	Zona baja	PROMEDIO AMBIENTE
A1	767,1	370,3	1277,7	805,0
A2	907,1	614,2	665,0	728,7
A3	1119,8	585,7	1290,2	998,6
PROMEDIO ZONA	931,3	523,4	1077,6	844,1

Al inicio de la Estación II y con respecto a la zona, se encontró que la tasa de crecimiento fue mayor en la zona baja de todos los Ambientes (cuadro 27).

Cuadro 27: Tasa de crecimiento (kg MS.ha-1.día-1) por zona por Ambiente, a inicio de la Estación II.

Ambiente	Zona alta	Zona baja	PROMEDIO AMBIENTE
A1	---	25,7	25,7
A2	4,6	13,0	8,8
A3	0,0	41,4	20,7
PROMEDIO ZONA	1,5	27,2	18,0

Al finalizar la Estación II, fue el A2 el que presentó la mayor tasa de crecimiento, y el A1 la menor. Con respecto a la zona, la tasa de crecimiento fue mayor en la zona baja, a excepción de la zona baja del A2 (cuadro 28).

Cuadro 28: Tasa de crecimiento (kg MS.ha-1.día-1) por zona por Ambiente, al finalizar la Estación II.

Ambiente	Zona alta	Zona baja	PROMEDIO AMBIENTE
A1	0,0	11,4	5,7
A2	21,6	13,1	17,4
A3	12,7	20,7	16,7
PROMEDIO ZONA	11,4	15,1	12,5

Con respecto a la calidad de la pastura cosechada (cuadro 29), se encontró diferencias significativas entre Ambientes, en el porcentaje de la ceniza de la pastura

consumida ($p < 0,05$). El A3 (10,9) fue significativamente inferior al A1 (12,1) y al A2 (12,8).

Cuadro 29: Composición química de la pastura consumida (cosechada) en los Ambientes, durante la Estación II.

Ambiente	Materia Seca (%)	Proteína (%)	FDN (%)*	FDA (%)**	Ceniza (%)
A1	26,5	15,5	50,3	24,0	12,1 <i>a</i>
A2	22,8	17,1	45,1	21,1	12,8 <i>a</i>
A3	23,8	17,9	43,1	22,2	10,9 <i>b</i>
E.E.	0,58	0,35	0,88	0,38	0,34
p-valor	0,17	0,25	0,18	0,24	0,01
CV	10,1	8,8	8,1	7,2	12,0

(*): Fibra Detergente Neutro. (**): Fibra Detergente Ácido. E.E.: error estándar. CV: coeficiente de variabilidad.

4.2.3 Conducta de Pastoreo

4.2.3.1 Tasa de Bocado

Fue significativo el efecto del Ambiente ($p < 0,05$) y de la zona ($p < 0,05$) para la TB, más no hubo efecto de la interacción Ambiente*zona ($p = 0,34$), tampoco de la Hora ($p = 0,96$) ni de la interacción Ambiente*Hora ($p = 0,99$). Los promedios de TB por Ambiente los observamos en el cuadro 30.

Cuadro 30: TB (TB) en los Ambientes, durante la Estación II.

Ambiente	TB (bocados/minuto)
A1	54 ± 1,3 <i>b</i>
A2	60 ± 1,4 <i>a</i>
A3	53 ± 1,3 <i>b</i>

p-valor	< 0,05
----------------	--------

Se encontraron diferencias significativas entre las zonas del A2: la zona baja mostró una TB superior a las que presentaron la zona alta y la zona superficial (cuadro 31).

Cuadro 31: Promedios y desvíos estándar de la TB (TB; bocados/minuto) en las zonas dentro de cada Ambiente, durante la Estación II.

Ambiente	Zona alta	Zona superficial	Zona baja
A1	56 ± 2,4	52 ± 1,6	54 ± 1,6
A2	59 ± 2,6 <i>ab</i>	56 ± 1,7 <i>b</i>	63 ± 1,7 <i>a</i>
A3	54 ± 2,2	52 ± 1,7	54 ± 1,8

Letras diferentes señalan diferencias significativas entre filas y columnas ($p < 0,05$).

4.2.3.2 Frecuencia de visitas a cada zona.

No se encontró efecto del Ambiente en la frecuencia de visitas (en proporción) a las diferentes zonas. El promedio por zona en la frecuencia de visitas fue 0,09 para la zona alta, de 0,43 para la zona superficial y de 0,45 para la zona baja, resultado que nos lleva a afirmar que fue en la zona superficial y en la zona baja en donde el animal permaneció durante más tiempo, superando largamente la permanencia en la zona alta. Cabe mencionar también, que fue la zona superficial donde se concentraron la mayor cantidad de visitas (con respecto a la zona superficial y baja), en el A2 y en el A3, mientras que en el A1 la mayor concentración de visitas se observó en la zona baja (gráfica 16).

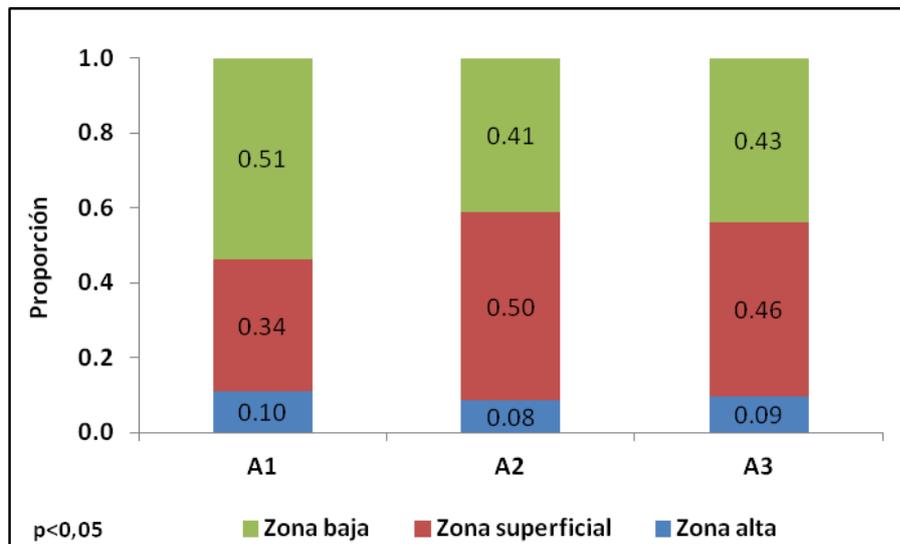


Gráfico 16: Frecuencia de visitas en cada zona por Ambiente (A), durante la Estación

II

En la gráfica 17, vemos que la zona baja se impone en las primeras y últimas horas de la sesión de pastoreo, siendo la zona superficial la que más visitas recibió durante las horas intermedias de la sesión. Para la última hora de pastoreo, la mayor cantidad de visitas se dan en la zona alta, para el caso del A3, y para la zona baja, para el caso del A1 y del A2.

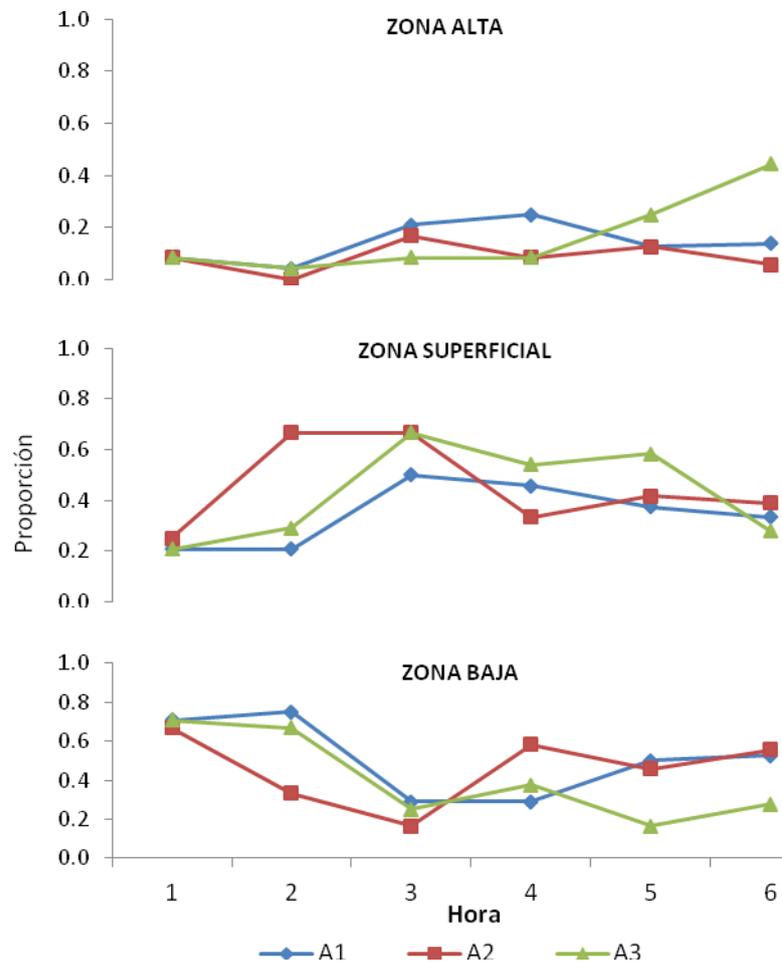


Gráfico 17: Frecuencia de visitas a cada zona por Ambiente (A) a lo largo de la sesión de pastoreo, durante la Estación II.

Si bien la semana no presentó un efecto significativo en la frecuencia de visitas en la zona superficial ($p=0,15$), es importante describir el desarrollo de la concentración de visitas para esta zona, ya que comenzó siendo poco visitado en las dos primeras semanas (0,38), pero incrementó durante la tercera semana (0,54) pasando los animales a permanecer más de la mitad del tiempo en esta zona respecto a la zona baja o en la zona alta.

4.2.3.3 Actividad de pastoreo (Tiempo de pastoreo en proporción).

El TP expresado en proporción ocupó casi la totalidad del tiempo de duración (98 %) de la sesión de pastoreo. El marcado sesgo de los datos hacia frecuencias muy altas o bajas impidió analizarlos estadísticamente con el modelo propuesto previamente, por lo que el cuadro 32 es una descripción del TP en la zona para cada Ambiente.

Cuadro 32: TP, expresado en proporción*, en los diferentes zonas dentro de cada Ambiente, durante la Estación II

Ambiente	Zona	Pastoreo	Rumia	Descanso	Otras**
A1	alta	0,95	0,05	0,00	0,00
A1	superficial	1,00	0,00	0,00	0,00
A1	baja	1,00	0,00	0,00	0,00
A2	alta	1,00	0,00	0,00	0,00
A2	superficial	1,00	0,00	0,00	0,00
A2	baja	1,00	0,00	0,00	0,00
A3	alta	0,89	0,11	0,00	0,00
A3	superficial	0,98	0,00	0,00	0,02
A3	baja	1,00	0,00	0,00	0,00
PROMEDIO		0,98	0,02	0,00	0,00

(*) Expresado en proporción de veces que fue vista pastoreando.

(**) Implica actividades como beber, descansar o ninguna actividad.

4.2.3.4 Actividad de pastoreo.

Las actividades de pastoreo (TP, de rumia y de descanso) dadas por los GR y registrada en minutos, no mostraron diferencias significativas entre los Ambientes. Sin embargo, aproximadamente el 96 % del tiempo de duración de la sesión de

pastoreo fue dedicado al pastoreo efectivo, realizando las otras actividades en un muy escaso margen de tiempo (cuadro 33).

Cuadro 33: Medias de mínimos cuadrados del tiempo efectivo de pastoreo, de rumia y de otras actividades (otros), expresada en minutos, durante la Estación II.

Ambiente	Tiempo Pastoreo*	Tiempo Rumia*	Tiempo Otros*
A1	346,9	4,7	8,4
A2	350,7	0,4	9,0
A3	334,9	18,0	7,1
E.E.	7,07	8,86	2,82
p-valor	0,20	0,24	0,75
CV	2,1	115,0	34,5

(*): expresado en minutos por día (min.día^{-1}). E.E.: error estándar.
CV: coeficiente de variabilidad.

En el caso de las vacas no fistuladas, para la conducta de pastoreo expresada en proporción, la mayor cantidad del tiempo la dedicaron a pastorear, resultado que es común en todos los Ambientes (0,8), pero se observa un menoscabo del tiempo dedicado a la rumia (cuadro 34), resultado que coincide con la conducta de pastoreo expresada en minutos (cuadro 35).

Cuadro 34: Medias y desvío estándar del TP, rumia y otros (expresado en proporción) de las vacas no fistuladas para los diferentes Ambientes, durante la Estación II.

Ambiente	Tiempo pastoreo*	Tiempo rumia*	Tiempo otros*
A1	0,8 ± 0,06	0,0 ± 0,01	0,2 ± 0,05
A2	0,8 ± 0,05	0,0 ± 0,02	0,2 ± 0,05

A3	0,8 ± 0,10	0,0 ± 0,03	0,2 ± 0,08
-----------	------------	------------	------------

(*) Expresado en proporción de los minutos totales de pastoreo.

Cuadro 35: Medias y desvío estándar del TP, rumia y otros (expresado en minutos) de las vacas no fistuladas para los diferentes Ambientes, durante la Estación II.

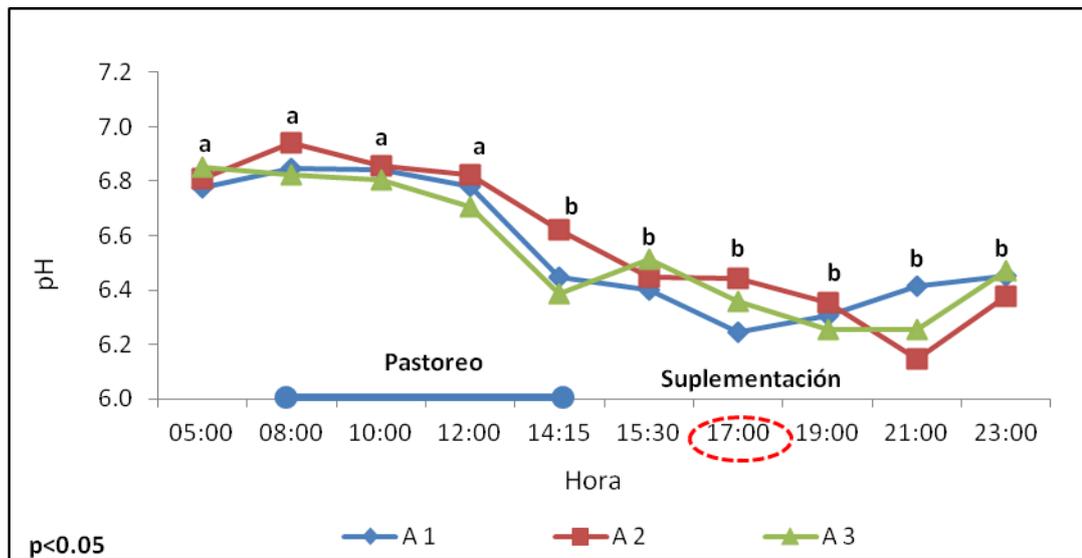
Ambiente	Tiempo pastoreo	Tiempo rumia	Tiempo otros
A1	338,5 ± 13,14	2,0 ± 5,51	19,9 ± 11,22
A2	343,8 ± 11,78	1,1 ± 3,27	15,1 ± 10,71
A3	322,1 ± 27,39	6,0 ± 13,46	31,9 ± 24,00

4.2.4 Fermentación ruminal

4.2.4.1 pH

No hubo efecto significativo del Ambiente ($p=0,72$) sobre los valores de pH ruminal (cuadro 36). De igual modo la interacción Ambiente*hora de muestreo ($p=0,70$). La hora de muestreo presentó efecto significativo ($p<0,05$) sobre los valores de pH (gráfico 18).

La gráfica 18 también nos muestra que los Ambientes presentan un comportamiento similar a lo largo de las horas de muestreo, donde a las 05:00 (antes del primer ordeño) se presentaron los valores más altos de pH (6,8). El pH fue igual para todos los Ambientes hasta las 14:15 (fin del pastoreo) horas donde sufre una caída (6,5) que llega a diferenciarse significativamente de los valores obtenidos en los muestreos anteriores. El pH siguió descendiendo hasta llegar a 6,3 a las 21:00 horas (durante el encierro) y es en el último muestreo, a las 23:00 horas (durante encierro) donde se observa que los valores empiezan a elevarse (6,4) pero sin marcar distancia significativa con los anteriores.



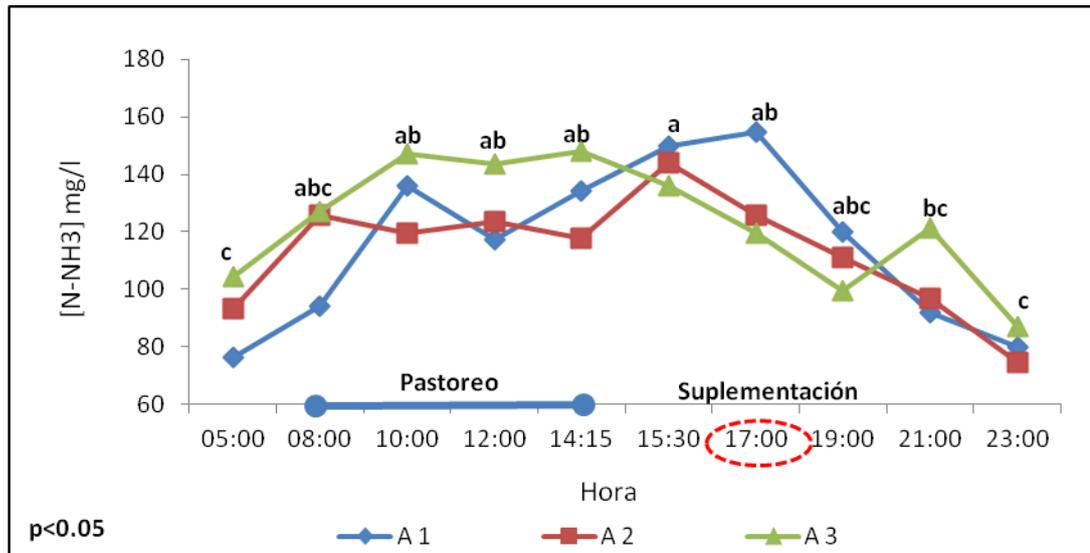
Las letras muestran las diferencias significativas sólo para hora de muestreo.

Gráfica 18: pH de los Ambientes (A) a lo largo de las horas de muestreo, durante la Estación II.

4.2.4.2 Concentración de nitrógeno amoniacal [N-NH₃]

Los valores de [N-NH₃] no presentaron diferencias significativas ($p=0,62$) entre los Ambientes (cuadro 36). En la gráfica 19 se puede apreciar que se dieron diferencias significativas a lo largo de la hora de muestreo ($p<0,05$).

En general la [N-NH₃] en los Ambientes se comportaron de forma similar durante toda la sesión. La concentración fue en ascenso desde las 5:00 horas (antes del primer ordeño) con una concentración de 91,2 mg/l hasta las 10:00 horas (durante el pastoreo) con una concentración de 134,1 mg/l. A partir de acá los valores tendieron a mantenerse constantes hasta las 15:30 horas (fin del pastoreo) para posteriormente empezar un marcado descenso hasta el último muestreo, donde llega a una concentración de 80,4 mg/l, a las 23: horas (durante el encierro).



Las letras muestran las diferencias significativas sólo para hora de muestreo.

Gráfica 19: Concentración de nitrógeno amoniacal ([N-NH₃]) de los Ambientes (A) a lo largo de las horas de muestreo, durante la Estación II.

Cuadro 36: pH ruminal y concentración de nitrógeno amoniacal para las diferentes Ambientes, durante la Estación II.

Ambiente	pH	[N-NH ₃] (mg/l)*
A1	6,6	115,5
A2	6,6	113,1
A3	6,5	123,3
p - valor	0,72	0,62
CV	4,6	32,0

(*): Concentración de nitrógeno amoniacal en miligramos por litro
E.E.: error estándar. CV.: coeficiente de variabilidad (%).

4.2.5 Producción de leche

El cuadro 37 nos muestra que el efecto del Ambiente fue significativo en la producción de leche ($p < 0,05$), donde el A3 se muestra como el de mayor producción

y se diferencia de forma significativa del A1 y del A2. No se presentó efecto significativo del Ambiente para los componentes de la leche.

Cuadro 37: Producción y composición de la leche para cada uno de las Ambientes, durante la Estación II.

Ambiente	Leche*	Proteína**	Grasa**	Sólidos**
A1	23,7 <i>b</i>	3,0	3,1	10,8
A2	23,4 <i>b</i>	2,9	3,0	10,7
A3	25,2 <i>a</i>	3,0	3,0	10,8
E.E.	0,36	0,04	0,03	0,09
p-valor	0,03	0,82	0,50	0,89

(*) *Expresada en litros.vaca⁻¹.día⁻¹.*

(**) *Expresada en porcentaje.*

E.E.: error estándar. CV.: coeficiente de variabilidad (%)

Las vacas no fistuladas presentaron mayor producción de leche en el A3, pero fue en el A2 donde se pudo observar menores producciones de grasa y de proteína láctea (cuadro 38).

Cuadro 38: Medias y desvíos estándar de producción y composición de leche de las vacas no fistuladas para cada uno de las Ambientes, durante la Estación II.

Ambiente	Leche*	Proteína**	Grasa**	Sólidos**
A1	24,6 ± 2,75	3,0 ± 0,17	3,5 ± 0,30	11,5 ± 0,31
A2	25,8 ± 1,88	2,7 ± 0,13	3,2 ± 0,41	10,6 ± 0,68
A3	27,2 ± 4,52	3,0 ± 0,16	3,4 ± 0,29	11,3 ± 0,35

(*) *Expresada en litros.vaca⁻¹.día⁻¹.* (**) *Expresada en porcentaje.*

4.2.6 Relaciones entre conducta de pastoreo con fermentación ruminal y producción de leche.

Se encontraron algunas correlaciones significativas entre las variables de conducta de pastoreo y fermentación ruminal (cuadro 39).

Cuadro 39: Correlaciones entre las variables de conducta de pastoreo y fermentación ruminal, durante la Estación II.

Conducta de pastoreo	Fermentación ruminal	r*	p-valor
Materia Seca**	pH	-0,52	0,03
Ceniza**	pH	-0,50	0,04

(*): Coeficiente de correlación

(**): De las variables de calidad de pastura seleccionada y consumida, en porcentaje.

También se observaron correlaciones significativas entre algunas variables de conducta de pastoreo y producción de leche (cuadro 40).

Cuadro 40: Correlaciones entre las variables de conducta de pastoreo y producción de leche, durante la Estación II.

Conducta de pastoreo	Producción leche	r*	p-valor
Pastoreo **	Litros leche	-0,79	0,0001
Rumia**	Litros leche	0,80	0,0001
Fibra Detergente Neutro (FDN)***	Proteína láctea	-0,46	0,05
Materia seca (MS)***	Sólidos leche	0,41	0,09

(*): Coeficiente de correlación

(**): Expresado en proporción de veces que pastoreó y rumió respectivamente.

(***): De las variables de calidad de pastura seleccionada y consumida, en porcentaje.

5 DISCUSIÓN

5.1 ESTACIÓN I – INVIERNO

5.1.1 Pastura

Los Ambientes generados por los tratamiento aplicados durante el año anterior al inicio del experimento determinaron pasturas altamente degradadas, con disponibles promedio de $(1347,9 \pm 129,11 \text{ kg MS.ha}^{-1})$. Esta situación mejoró notoriamente al observar las características de la zona baja, con un disponible promedio de $1957,2 \pm 330,49 \text{ kg MS.ha}^{-1}$, que fue superior al disponible promedio de los Ambientes, y en algunos casos esta diferencia fue más amplia ($815,3 \text{ kg MS.ha}^{-1}$ de diferencia entre el disponible de la zona baja del A1 y el disponible promedio del A1) (cuadro 6). La superioridad entre el disponible promedio de la zona baja respecto al disponible promedio de los Ambientes llegó a mantenerse hasta el final del período experimental ($824,4 \pm 387,97$ vs $713,8 \pm 161,18 \text{ kg MS.ha}^{-1}$, respectivamente) (cuadro 7). Esta superioridad de la zona baja podría deberse a las características de su suelo, de mayor profundidad que permitió un mejor desarrollo de las raíces de las plantas y por ende una mayor absorción de nutrientes del suelo.

Desde el inicio hasta el final del periodo de evaluación, los Ambientes sufrieron cambios en las características de la pastura (cuadro 41), lo que concuerda con Fortes *et al.* (2004) cuando afirman que el pastoreo puede llegar afectar considerablemente el desarrollo de las pasturas. Sin embargo estos cambios no fueron visibles en las características de la pastura en las 3 zonas (alta, superficial y baja) ya que estas características lograron permanecer desde el inicio al final del periodo experimental.

El cuadro 41 es un resumen de los resultados obtenidos en el análisis de componentes principales para la caracterización de la pastura. En él se resalta las

características de la pastura con mayor presencia, para cada Ambiente y para cada zona.

Cuadro 41: Características con mayor presencia en los Ambientes* y en las zonas** al inicio y fin de la Estación I.

Ambiente (A) y zona (z.)	Inicio Estación I	Final Estación I
A1	Altura pastura	Altura pastura, suelo desnudo, festuca, resto seco
A2	Suelo desnudo y gramíneas malezas	Malezas enanas
A3	Festuca, resto seco y malezas enanas	Gramíneas malezas y malezas enanas
z. alta	Suelo desnudo y gramíneas malezas	Suelo desnudo y gramíneas malezas
z. superficial	Malezas enanas (sobre todo en el A2)	Malezas enanas (sobre todo en el A2)
z. baja	Altura pastura, festuca y resto seco	(A1)***: resto seco, festuca. (A3)***: altura pastura

(*): características en el Ambiente, sin considerar la subdivisión dada por las zona.

(**): características en la zona, sin considerar la división dada por los Ambientes.

(***): características que resaltaron sólo en la zona de un Ambiente (A1, A2 o A3).

Ante las marcadas diferencias entre las características de la pastura en los Ambientes y en las zonas, los animales habrían optado por priorizar una zona en especial, es decir mantuvieron un patrón espacio – temporal permanente que hacía prevalecer el pastoreo en las zonas más productivas y/o que permitían una mejor posibilidad de selección. Al respecto, French *et al.* (2001), al estudiar el efecto de la suplementación con diferentes fuentes de carbohidratos en distintas ofertas de forraje en otoño en las características de la digestión ruminal, afirmaron que ante una mayor disponibilidad de masa de forraje presente, los animales tuvieron la oportunidad de seleccionar la pastura con mayor digestibilidad. En la gráfica 7 observamos que durante las primeras horas de la sesión de pastoreo se encontraron permanentemente en la zona baja (que fue la que presentó mejores características: mayor altura y presencia de festuca) y mayor disponibilidad de pastura; y conforme transcurría la sesión de pastoreo fueron ocupando la zona superficial y finalmente la zona alta donde generalmente descansaban y esperaban para ser retiradas del potrero. Al

mismo tiempo, al comparar la frecuencia de visitas a cada zona (gráfico 6), se destaca que la zona baja supera a las demás zonas en todos los Ambientes, con excepción del A2. Así, podemos afirmar que la decisión de los animales contemplaba la elección de la zona baja como la de mayor permanencia para el pastoreo, no sólo a inicio de la sesión sino durante todo el tiempo que permanecieron en las parcelas (sesión de pastoreo). La conducta exhibida por los animales habría implicado procesos cognitivos por parte del animal, es decir que el animal buscó, seleccionó y recordó los mejores lugares para tomar el bocado, dadas las características de la pradera (Soca, 2006).

Como ya mencionamos, fue sólo en el A2 donde la frecuencia de visitas en la zona baja se vio superada por la zona superficial, posiblemente a causa de la tendencia que mostró la semana para incrementar la frecuencia de visitas a esta zona. La maleza enana (*Bowlesia incana*) fue la especie predominante en la zona superficial, sobre todo del A2, lo que sugiere que los animales de este Ambiente seleccionaron esta especie como la base de su consumo (frente a la gramínea maleza que era el otro componente importante en la composición botánica del A2). Esto podría deberse a la palatabilidad y calidad que llega a tener esta especie durante Invierno, que según Correa (2008) alcanza el 16 % de proteína bruta (PB).

La mayor preferencia de esta especie (bowlesia) en el A2 con respecto a los otros Ambientes explicaría también los resultados de PB consumida (Hand clipping), ya que fueron superiores significativamente en el A2, con respecto a los otros Ambientes, dada el nivel de proteína que contiene esta especie.

Las TB entre los Ambientes no resultaron significativamente diferentes dado que los animales al optar por las mejores zonas para pastorear, lograron compensar las deficiencias de la pastura y las diferencias en sus características entre los Ambiente. Sin embargo, en la TB dada por la zona, la mayor presencia de suelo desnudo habría causado que el animal aumente el TP diario, expresado en proporción (gráfica 8), en la zona alta del A2 (0,99), con respecto a la de la zona alta del A1 (0,72), ya que habría invertido más tiempo en la búsqueda del bocado, y al mismo tiempo habría provocado un aumento en la TB de la zona alta del A2, al compararlo con la TB de la zona alta del

A1. Hodgson y Brookes (1999) establecieron que el TP y la TB pueden disminuir bajo condiciones pobres de pastura. Al mismo tiempo el A1 presentó mayor altura de la pastura, que si bien no afectó a nivel de Ambiente, pudo hacerlo a nivel de zona, lo que habría permitido que su TB disminuya. Esta relación negativa estaría explicada por las variaciones en el peso de bocado (Galli *et al.* 1996) ya que la altura de la pastura es considerada como la variable más directamente asociada al peso de bocado y al consumo (McGilloway *et al.* 1999). Las diferencias halladas entre la TB de las zonas alta (36) y baja (57) del A1 merecen una explicación aparte, ya que si bien la zona baja siempre presentó mayores TB con una mayor altura de la pastura en todos los Ambientes, contradiciendo así la relación negativa entre la altura de la pastura y la TB mencionada anteriormente, esta tendría su explicación en la hora de ocupación de estas zonas durante la sesión de pastoreo (gráfica 7). En las primeras horas de la sesión los animales permanecieron en la zona baja y fue en las últimas horas donde ocuparon la zona alta, lo que llevaría a inferir que los animales empezaron con las TB más altas para luego ir disminuyendo conforme transcurre la sesión de pastoreo, dado que las vacas buscan y caminan con mayor intensidad (Soca *et al.*, 2001) lo que incrementaría el número de intervalos cortos para la toma de un bocado hacia el final de la sesión de pastoreo (Gibb, citado por Chilbroste *et al.* 1999). El mismo autor encuentra también una disminución en la TB conforme transcurre la sesión de pastoreo (Chilbroste *et al.* 1999).

La altura de la pastura podría haber sido uno de los principales factores que determinó las diferencias en el TP entre Ambientes (cuadro 12). El A2 presentó mayor suelo desnudo que los demás Ambientes, por lo que el animal habría invertido mayor tiempo en la búsqueda del nuevo bocado, aumentando el TP diario. Algunos autores afirman que ante una baja tasa de consumo, los animales compensan aumentando el TP diario y consecuentemente la ingesta diaria (Demment *et al.*, 1995; Galli *et al.*, 1996; Acosta *et al.*, 2006). Al mismo tiempo, la maleza enana presente en el A3 (de muy baja altura) habría provocado pesos de bocado muy bajos y consecuentemente un aumento del TP como efecto compensatorio (Stakellum y Dillon, citado por Chilbroste, 1998). Penning *et al.* (1994) encontraron que en

pasturas de menor altura, el TP aumentó progresivamente. De forma contraria, el A1 presentó mayor altura de la pastura y por ello pudo haber requerido menos TP para satisfacer las necesidades de consumo. Este resultado podría estar explicado por la relación negativa entre altura de la pastura y el tiempo efectivo de pastoreo (como resultado de variaciones en el peso de bocado), establecida por Demment *et al.* (1995).

5.1.2 Fermentación ruminal

5.1.2.1 pH

Las características de la pastura entre los Ambientes no dieron lugar a que se expresen diferencias significativas entre los valores medios de pH (cuadro 17). French *et al.* (2001) sostienen que la falta de diferencias significativas en el pH ruminal podría ser atribuida a la capacidad de las pasturas en otoño de amortiguar las variaciones del pH ruminal. Muck *et al.* (1991) mostraron que la pastura de otoño tenía una capacidad amortiguadora mucho más alta que la de primavera o verano (relacionada muy posiblemente con su contenido de PC). Chilibroste *et al.* (1999) tampoco encontraron efecto significativo en el pH ruminal de vacas sometidas a pastoreo de ryegrass con diferentes períodos de rebrote.

Las diferencias encontradas por el efecto de la hora (gráfica 9), se podrían explicar de la siguiente manera: las vacas, en las primeras horas, previos al pastoreo, presentaron un pH de 7,0 posiblemente debido al efecto tampón de la saliva producida durante la rumia (Owens *et al.*, 1998), luego los descensos posteriores del pH (6,8) durante el pastoreo podrían explicarse por la fermentación de la pastura consumida. Rearte (1992) menciona que los descensos de pH del líquido ruminal se originan por las altas concentraciones de carbohidratos solubles de los pastos en determinados momentos del día. Otra explicación para este descenso al inicio del pastoreo podría estar dado en que la tasa de producción de AGV empezaría a ser mayor que la tasa de absorción de éstos a través de las paredes del rumen, ya que el pH disminuye a pesar de haber mayores tasas de salivación (Beever *et al.*, 2000). El

descenso que sufren los valores de pH (6,4) en este experimento, se acentúa a partir de la quinta hora (15:30), probablemente debido a una mayor fermentación del forraje consumido durante el pastoreo y al efecto del concentrado que se les ofreció después del 2° ordeño. Rearte y Santini (1989) postulan que cuando carbohidratos rápidamente fermentecibles son agregados a una dieta basada en forrajes, el efecto del almidón suplementado reduciría la digestión de la fibra a través de una serie de eventos que involucran, entre otros, la reducción del pH ruminal. Hacia el final del día (21 horas) se observó una tendencia a elevar el pH, posiblemente a causa de la mayor producción de saliva producto de una rumia más marcada durante el encierro (Owens *et al.* 1998) y a que la tasa de producción de AGV empezaría a mermar con respecto a su tasa de absorción (Beever *et al.*, 2000).

5.1.2.2 Concentración de nitrógeno amoniacal [N-NH₃]

Los niveles de [N-NH₃] encontrados en este trabajo (93,98 mg/l) estarían dentro del rango reportado por Rearte y Santini (1989) para vacas lecheras en sistemas pastoriles (90 – 120 mg/l) (cuadro 17). La mayor [N-NH₃] que presentó el A2 (108,1 mg/l) puede ser explicada por los niveles superiores de concentración de proteína que el animal seleccionó en este Ambiente (nivel de PB en la dieta significativamente superior en este Ambiente respecto a los otros; cuadro 10). La proteína cruda en la pastura presenta una alta tasa de degradación ruminal (asociada al nivel de nitrógeno no proteico – NNP – que puedan presentar) lo que resulta en un aumento en las concentraciones de amonio en el rumen (Carruthers *et al.*, 1997). Elizalde *et al.* (1996) establecieron una asociación positiva entre el contenido de PC de la pastura con la [N-NH₃] en rumen. Macitelli *et al.* (2003), evaluando fuentes de NNP (urea) en los parámetros de fermentación ruminal, encontró aumentos en la [N-NH₃] como respuesta al suministro de NNP. Con respecto al efecto de la hora de muestreo (gráfica 10), el descenso de [N-NH₃] después de la suplementación se explicaría porque con el suministro de un concentrado energético, la síntesis de N en proteína bacteriana se habría vuelto más eficiente (Bargo *et al.*, 2003). El mismo autor, en una revisión realizada, menciona que ante un aumento de concentrado de

1,1 a 10 kg MS/d, el animal experimento una reducción de 6,59 mg/dl en la [N-NH₃]. En general, los valores obtenidos a lo largo del día presentaron un patrón de variación similar a la presentada por François *et al.* (2003), en novillos Hereford, con incrementos en la concentración a lo largo del día y el posterior decremento en la noche, dado por la falta de consumo de pastura.

5.1.3 Producción de leche

No se hallaron diferencias significativas, debido probablemente a que las diferencias entre las características de la pastura encontradas en los Ambientes no fueron tan marcadas como para provocar que la cantidad y la calidad de la leche producida sean contrastantes entre los Ambientes (cuadro 18). También estaría dado por el tiempo de experimentación (1 mes), que al ser reducido no habría permitido que se manifiesten diferencias a nivel productivo. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Mattiauda *et al.* (2009), que al evaluar el efecto de la intensidad de pastoreo, determinada por la altura de la pastura post pastoreo, en la producción de forraje y leche, no encontró diferencias significativas entre los tratamientos (3, 6, 9 y 12 cm), en la producción (litros.vaca⁻¹.día⁻¹).

5.1.4 Relaciones entre conducta de pastoreo con fermentación ruminal y producción de leche.

Con respecto a este ítem, sólo serán discutidas las correlaciones significativas ($p < 0,05$) (cuadro 19 y 20).

La correlación positiva hallada entre la proteína de la pastura y la [N-NH₃] se habría dado por un mayor consumo de proteína en la pastura (de alta tasa de degradación ruminal) que aumentaría las concentraciones de NNP a nivel de rumen (Carruthers *et al.*, 1997).

La correlación negativa hallada entre FDN y sólidos totales de la leche podría explicarse en la relación negativa entre el contenido de fibra y energía de la pastura.

Al haber altos niveles de fibra en la pastura, los niveles de energía disminuirían, lo que se reflejaría en menores porcentajes de proteína de la leche (Rearte, 1992). De Freitas *et al.* (2006) también encontró una correlación negativa entre la producción de proteína láctea y la FDN de la pastura consumida ($r=-0,70$; $p<0,01$).

La correlación negativa hallada entre TP y sólidos totales de la leche estaría explicada por la relación negativa entre el TP y la producción de leche: cuando la hoja de la pastura ofrece una baja disponibilidad, el tamaño del bocado decrece, TP se alarga y la producción de leche se compromete (Stobbs, 1978) y consecuentemente también la producción de sólidos.

La correlación negativa entre FDA y $[N-NH_3]$ se habría dado por la relación negativa que existe en la FDA y la PC de la dieta.

5.2 PRIMAVERA – ESTACIÓN II

5.2.1 Pastura

Las características de la pastura presentaron diferencias entre los Ambientes estudiados (cuadro 21 y gráfica 12) y aún entre las zonas dentro de cada Ambiente (cuadro 23 y gráfico 14). El disponible de la zona superficial del A1 (2108,1 kg MS.ha⁻¹), (cuadro 25) que se ubicó en valores por encima de los esperados. Este estaría dado por las características de la pastura presentes en este Ambiente, que fueron superiores a los otros Ambientes (mayor altura de la pastura, mayor cobertura de festuca, de resto seco, de gramínea maleza y de maleza enana y menor área de suelo desnudo) y también por las características de la zona superficial del A1, que fue superior en presencia de resto seco, gramínea maleza y maleza enana, al compararla con la zona alta y baja del mismo Ambiente. La interacción de estas características habría producido el alto disponible para esta zona en el A1.

El cuadro 42 es un resumen de los resultados obtenidos en el análisis de componentes principales para la pastura. En él se resalta las características de la pastura con mayor presencia, para cada Ambiente y para cada zona.

Cuadro 42: Características con mayor presencia en los Ambientes* y en las zonas** al inicio y fin de la Estación II.

Ambiente (A) y zona (z.)	Inicio Estación II	Final Estación II
A1	Altura pastura, festuca, resto seco, gramínea maleza y maleza enana	Ninguna (<i>valores medios para todas las variables</i>)
A2	Suelo desnudo	Suelo desnudo y resto seco
A3	Ninguna (<i>valores mínimos para todas las variables</i>)	Altura pastura, festuca, gramínea maleza y maleza enana
z. alta	Ninguna (<i>valores medios para todas las variables</i>)	Festuca (A2–A3)***
z. superficial	(A1)***: suelo desnudo, resto seco, gramínea maleza y maleza enana	Suelo desnudo
z. baja	Altura pastura y festuca (A1)***	Altura pastura, resto seco. (A1-A3)***: gramínea maleza y maleza enana. (A2)***: Suelo desnudo

(*): características en el Ambiente, sin considerar la subdivisión dada por la zona.

(**): características en la zona, sin considerar la división dada por los Ambientes.

(***): características que resaltaron sólo en la zona de un Ambiente (A1, A2 o A3).

El promedio general de la frecuencia de visitas a las zonas (gráfico 16) nos dice que hubo una mayor concentración en la zona superficial y baja, resultado que podría estar explicado por los procesos cognitivos que implica el pastoreo (Soca, 2006) que se manifestó a través de la memoria espacial de lo “aprendido” en invierno, donde a pesar de que los ambientes presentaron características diferentes a las de primavera, los animales mantuvieron una conducta similar a la hora de frecuentar las zonas. Bailey *et al.* (1996) afirma que el comportamiento a niveles jerárquicos inferiores implica consecuencias que podrían ser usadas por el animal para desarrollar expectativas sobre las escalas superiores usando la memoria espacial. Esta afirmación también podría

explicar la mayor concentración de visitas que se dieron en la zona baja sólo en el A1, que es la misma conducta presentada en invierno. Sin embargo, también podría estar explicada probablemente por las mejores características y disponibles de la pastura que se dieron en el A1, sobre todo en su zona baja (cuadro 42).

En la selección del alimento consumido (hand clipping; cuadro 29), las diferencias halladas en el porcentaje de ceniza de la pastura, en las que el A3 es superado significativamente podría haberse debido a que el A1 y el A2 presentaron mayor área de suelo desnudo, vinculado probablemente a que también presentaron la menor altura de la pastura. Baeten *et al.* (2008) también obtienen mayores porcentajes de ceniza en la pastura seleccionada, en zonas con mayores áreas de suelo desnudo, debido a la contaminación de la pastura por el pisoteo animal o a la toma de la muestra en día de lluvia (salpicado de barro).

Las diferencias halladas en la TB entre las zonas alta, baja y superficial en el A2 (cuadro 31) podrían haberse dado por las condiciones pobres de la pastura en la zona superficial del A2 (la zona con la altura y el disponible más bajo de todas las zonas – 516 kg MS.ha⁻¹), lo que habría motivado al animal priorizar el ahorro de energía. Este resultado se corresponde por lo reportado por Hodgson y Brookes (1999), quienes afirman que el TP y la TB pueden disminuir bajo condiciones pobres de pastura. Aunque Stakellum y Dillon (1989) parecen contradecir lo mencionado anteriormente al afirmar que a medida que la altura y/o la masa de forraje disponible para los animales disminuyen, el peso de cada bocado individual declina y puede ser compensado, dentro de ciertos límites, por un aumento en el TP y en la TB, pero estos estudios fueron realizados con disponibles de pastura superiores a los encontrados en este trabajo. Galli *et al.* (1996) afirma que la relación negativa entre la TB y la biomasa estaría dada por el peso de bocado, variable que no fue medida en este experimento. Finalmente las diferencias significativas en las TB entre Ambientes (cuadro 30), en las que el A2 fue superior a los otros Ambientes estaría explicado por la mayor frecuencia de visita a la zona baja y superficial (91 % de la duración de la sesión) que se dio en el A2 (gráfico 16) y en los disponibles de estas zonas que fueron los de menor cantidad (516 y 1283 kg MS.ha⁻¹ para la zona

superficial y baja, respectivamente). Al haber permanecido más tiempo en las zonas con menores disponibles, los animales habrían aumentado la TB como mecanismo compensatorio. Si bien parecemos contradecir lo postulado por Hodgson y Brookes (1999), pero al parecer la interacción de las características de la pastura de las zonas con la respuesta en la conducta de pastoreo de los animales habrían permitido compensar las deficiencias de las condiciones de la pastura, así por ejemplo cuando los animales se encontraron sólo en la zona superficial, al parecer no pensaban en seguir cosechando pastura ya que tanto el TP como la TB disminuía, pero ocurría lo contrario al considerar la zona superficial con la zona baja.

5.2.2 Fermentación ruminal

5.2.2.1 pH

Los Ambientes no presentaron un efecto significativo en el pH ruminal (cuadro 36), dado que las diferencias en las características presentes en la pastura no habrían alcanzado que estas diferencias en el pH se manifiesten. La hora de muestreo tuvo un efecto significativo (gráfica 18), empezando con valores altos al inicio del día (6,8) debido probablemente al efecto de la producción de saliva durante la rumia nocturna (Owens *et al.* 1998), para luego ir descendiendo durante el pastoreo (6,4). Rearte (1992) señala el efecto de las altas concentraciones de carbohidratos solubles en las pasturas en el descenso del pH ruminal. El descenso del pH se acentúa con el suministro del concentrado (6,2), explicado posiblemente a que la presencia del almidón suplementado causaría la disminución del pH ruminal (Rearte y Santini, 1989).

5.2.2.2 Concentración de nitrógeno amoniacal [N-NH₃]

Los niveles de [N-NH₃] encontrados en este trabajo (117,28 mg/l) estarían dentro del rango reportado por Rearte y Santini (1989) para vacas lecheras en sistemas pastoriles (90 – 140 mg/l) (cuadro 36). Es importante mencionar que los altos niveles hallados para esta variable podrían estar relacionados con el contenido

de proteína de la pastura consumida (Elizalde *et al.*, 1996; Carruthers *et al.*, 1997). El efecto de hora de muestreo (gráfico 19) después de la suplementación con concentrado energético estaría fundamentado en el mejor balance energía–proteína que permitiría una síntesis más eficiente de N en proteína bacteriana (Bargo *et al.* 2003). Se ha afirmado que ante la adición de concentrado en la dieta en base pastura, se mejora la sincronización entre energía–proteína, el crecimiento microbiano, el tiempo de permanencia del alimento en el rumen para su degradación y la celulosis ruminal (McAllister *et al.*, 1994; Van Thu y Preston, 1999).

5.2.3 Producción de leche

La mayor producción de leche encontrada en el A3 (cuadro 37) podría tener explicación en un posible mayor consumo de carbohidratos solubles de la pastura, basado en el hecho de que el A3 presentó mayor presencia de festuca y ya que los carbohidratos solubles se localizan preferentemente en las raíces y tallos basales de las gramíneas (Botrel y Gomide, 1981), la mayor presencia de festuca habría permitido un mayor consumo de carbohidratos solubles y permitido al mismo tiempo obtener una mayor fuente de energía de rápida disponibilidad para el crecimiento de los microorganismo ruminales (Lee *et al.* 2002), lo que habría permitido una mayor eficiencia en la utilización de proteína degradada a nivel del rumen para la síntesis de proteína microbiana (Marais, 2001) y por ende una mayor producción.

5.2.4 Relaciones entre conducta de pastoreo con fermentación ruminal y producción de leche.

Con respecto a este ítem, sólo serán discutidas las correlaciones significativas ($p < 0,05$) (cuadro 38 y 39).

La correlación negativa hallada entre MS de la pastura y el pH ruminal estaría explicada por el hecho de que el incremento en el nivel de ingesta de una dieta conduce sistemáticamente a la disminución del pH ruminal, dado que al aumentar el nivel de consumo, el rumen tendría que "tratar" con una mayor cantidad de contenido

celular, mientras que su volumen no aumentaría proporcionalmente; así mismo la digestión de los constituyentes de la pared celular se reduce debido su rápido tránsito, variable que también está relacionada negativamente con el pH ruminal (Sauvant *et al.*, 1999).

La correlación negativa hallada entre TP y los litros de leche producidos se explicaría por la relación negativa entre el TP y la producción de leche, que pasa por un limitada disponibilidad de la hoja de la planta que provocará una que tamaño del bocado decrezca, el TP se alargue y la producción de leche se comprometa (Stobbs, 1978).

La correlación negativa hallada entre FDN y proteína láctea podría explicarse en la relación negativa entre el contenido de fibra y energía de la pastura. Al haber altos niveles de fibra en la pastura, los niveles de energía disminuirían, lo que se reflejaría en menores porcentajes de proteína de la leche (Rearte, 1992). De Freitas *et al.* (2006) también encontró una correlación negativa entre la producción de proteína láctea y la FDN de la pastura consumida ($r=-0,70$; $p<0,01$).

6 CONCLUSIONES

Las características de la pastura en una pradera de tercer año de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, que en su segundo año fueron sometidas a diferentes intensidades de pastoreo, resultaron ser diferentes entre los distintos Ambientes generados. Estas diferencias se acentuaron al observar las características de la pastura que se obtuvieron en las zonas (determinadas por la profundidad del suelo) dentro de cada Ambiente. Además en los Ambientes y zonas donde se concentró la mayor cantidad de maleza enana, se vieron los mayores porcentajes de proteína en la pastura consumida.

En general, para las variables de comportamiento animal en el pastoreo, fueron afectadas por las características de la pastura presentes en los Ambiente, pero las características de la pastura que se dieron en las zonas presentaron un mayor efecto; así la mayor frecuencia de visitas se dio en las zonas baja y superficial, superando largamente a la zona alta. Sólo en Invierno la reducción en la TB y TP se vieron relacionadas con mayores alturas en la pastura. En todas las zonas y Ambientes se obtuvieron valores por encima del 90 % del tiempo total de sesión, dedicado sólo al pastoreo, con un desmesurado desmedro en el tiempo dedicado a la rumia, descanso y otras actividades.

La fermentación ruminal se vio afecta por el Ambiente sólo en Invierno, ya que mayores [N-NH₃] (mg/l) se vieron relacionadas con mayores niveles de proteína en la pastura (en el A2). La hora afectó al pH y a la [N-NH₃] pero este efecto respondió más a los sucesos importantes en la actividad diaria del animal.

Los Ambiente generados presentaron un efecto en la producción de leche sólo en Primavera, mas la calidad de la misma no sufrió este efecto en ninguna de las dos Estaciones de experimentación. Y este efecto no estuvo relacionado con la altura de la pastura.

En ambas Estaciones la calidad de la pastura consumida y el patrón de ingestión se vieron relacionados con la fermentación ruminal y la producción de leche. Por lo que se concluye que tanto las estrategias que adopten los animales para cosechar la pastura como la calidad de la pastura consumida van a estar permanentemente relacionados con los parámetros de fermentación ruminal y producción de leche, por lo que se hace de suma importancia su consideración.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, G.; Ayala, A.; Acosta, A. 2006. Comportamiento en pastoreo de ganado lechero sobre una pastura gramínea de *Dactylis glomerata*, pastoreada en distintas edades de rebrote. *Revista Argentina de Producción Animal*. 26(1):23–30.
- Albright, J.L. 1993. Feeding Behavior of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 76: 485-498.
- Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay a escala 1:1000000. Montevideo. 96 p.
- Bacchetta, C.; Etcheagaray, S.; Ferreira, I.; Lockhart, C.; Pose, L. 2003. Efecto del momento de suplementación con ensilaje de maíz sobre la producción y composición de la leche y en el ambiente ruminal en vacas lecheras Holando con parición de otoño alimentadas en base a pastura en el periodo otoño – invierno. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 165 p.
- Baeten, A.; Faber, A.; Fernández, L.; Ferreira, G. 2008. Intensidad de pastoreo en pasturas permanentes, efectos en la pastura y respuesta en la producción de vaquillonas Holando. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 102 p.
- Bailey, D.; Gross, J.; Laca, E.; Rittenhouse, L.; Coughenour, M.; Swift, D.; Sims, P. 1996. Mechanisms that Result in Large Herbivore Grazing Distribution Patterns. *J. Range Manage.* 49: 386-400.
- Bargo, F.; Muller, L.D.; Kolver, E.S.; Delahoy, J.E. 2003. *Invited Review: Production and Digestion of Supplemented Dairy Cows on Pasture*. *J. Dairy Sci.* 86(1):1–42.

- Barthram, G.T. 1986. Experimental Techniques; the HFRO Sward Stick. En: Hill Farming Research Organization. Biennial Report 1984-1985. Penicuik, UK. pp. 29-30.
- Beever, D.E.; Terry, R.A.; Cammell, S.B.; Wallace, A.S. 1978. The Digestion of Spring and Autumn Harvested Perennial Rye Grass by Sheep. *J. agric sci. Camb.* 90(3): 463–470.
- Beever, D.E.; Offer, N.; Gill, M. 2000. The Feeding Value of Grass and Grass Product. En: Grass its Production and Utilization. Ed. Hopkins, V. Institute of Grassland and Environmental Research. p. 140-195. Blackwell Science Ed.: Oxford. 440 p.
- Black, J.L.; Kenny, P.A. 1984. Factors Affecting Diet Selection by Sheep. 2. Height and Density of Pasture. *Australian Journal of Agricultural Research* 35: 565–578.
- Botrel, M.A.; Gomide, J.A. 1981. Importancia do teor dos carboidratos dos meristemas apicais para rebrote do capim Jaragua (*Hyparrhenis rufa* [Ness] Stapf); *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia.* 10 (3): 411 - 426
- Briske, D.; Heitschmidt, R. 1991. An Ecological Perspective. Pages 11 – 26. In: Ed.: Heitschmidt, R.; Stuth, J. *Grazing Management: Un Ecological Perspective.* Oregon: Timber Press.
- Burgueño, J. 1997. Evaluación de un medidor de materia seca de forraje por capacitancia. I. Análisis de los modos disponibles en el equipo (Invierno). En: XV Congreso Latinoamericano de Producción Animal. Noviembre. Maracaibo, Venezuela.
- Cajarville, C.; Britos, A.; Caramelli, A.; Antúnez, M.; Zanoniani, R.; Boggiano, P.; Repetto, J.L. 2007. Efecto del momento y del día y del tipo de metabolismo fotosintético sobre el contenido de azúcares solubles en diferentes especies forrajeras. *Sociedad de Medicina veterinaria del Uruguay.* 42 (168): 23 - 46.

- Cangiano, C.A. 1996. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. En: Producción animal en pastoreo. Ed.: INTA, Área de Producción Animal, Balcarce. Pp 144
- Carámbula, M. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. INIA – Treinta y Tres, Uruguay. Serie Técnica n°. 19. 48 p.
- Carruthers, V.R.; Neil, P.G.; Dalley, D.E. 1997. Effect of Altering the Non – Structural Carbohydrat Ratio in a Pasture Diet on Milk Production and Ruminant Metabolites in Cows in Early and Late Lactation. *Journal of Animal Science*. 64(3): 393–402.
- Casey, I.A.; Brereton, A.J. 1999. Optimising Sward Structure and Herbage Yield for the Performance of Dairy Cows at Pasture. Final Rep. 4170. Dairy Product Research Center, Fermow, Ireland.
- Champion, R. A.; Rutter, S.M.; Delagarde, R. 1998. Recent Developments with the IGER Behaviour Recorder. In: *Techniques for Investigating Intake and Ingestive Behaviour by Farm Animals*. Gibb, M.J. ed. Proc. IXth European Intake Workshop. IGER, North Wyke, UK. Page 31.
- Chapman, D.; Parsons, A.; Cosgrove, G.; Barker, D.; Marotti, D.; Venning, K.; Rutter, S.; Hill, J.; Thompson, A. 2007. Impacts of Spatial Patterns in Pasture on Animal Grazing Behavior, Intake, and Performance. *Crop Science* 47: 399–415.
- Chilibroste, P.; Artagaveytia, J.; Giudice, G. 2010. Rol del riego en sistemas pastoriles de producción de leche: ruta de intensificación o estabilizador del sistema. In: Seminario Internacional Potencial del Riego Extensivo en Cultivos y Pasturas (1°, 2010, Paysandú – Uruguay). Montevideo, INIA. pp 155 – 153.
- Chilibroste, P. 2007. Estudio integrado de la relación Planta-Animal-Suplemento: desafíos y oportunidades. En: II Curso Internacional de Ganadería Lechera (2°. 2007. Cajamarca, Perú). Cajamarca, Universidad Nacional de Cajamarca.

- Chilibroste, P. 1999. Grazing Time: The Missing Link. A Study of the Plant – Animal Interface by Integration of Experimental and Modelling Approaches. Tesis PhD. Wageningen, Holanda. Agricultural University 191 p.
- Chilibroste, P., Soca P., Mattiauda, D. A. 1999. Effect of the Moment and Length of the Grazing Session on: 1. Milk Production and Pasture Depletion Dynamics. In: Proceedings of International Symposium “Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology”. pp. 292 – 295.
- Chilibroste, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación de ganado lechero en pastoreo. Predicción del consumo. En: Jornadas Uruguayas de Buiatría. (26º, 1998. Paysandú). Uruguay. pp. 1–12.
- Church, D. C. 1993. El Rumiante: fisiología digestiva y nutrición. Ed. Acriba, Zaragoza.
- Clark, D. A.; Kanneganti, V.R. 1998. Grazing Management Systems for Dairy Cattle. Page 331 in: Grass for Dairy Cattle. Cherney, J.H.; Cherney, D.J.R. eds. CABInternational, Oxon, UK.
- Coates, D. B., Penning, P. 2000. Measuring Animal Performance. En: Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research. Ed. Mannelje, L.; Jones, R.M. ed. CAB International. Wallingford Oxon OX108DE.UK.
- Correa, M. 2008. Pastoreo de rastrojos de maíz y soja en cría bovina intensiva. INTA UEEA Oliveros. Publicación miscelánea N° 45. 15p.
- De Freitas, J.A.; De Paula Lana, R.; Rodriguez, A.L.; De Souza, J.C. 2006. Predição e validação do desempenho de vacas de leite nas condições Brasileiras. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 14(4): 128–134.
- De Veth, M.J.; Kolver, E.S. 2001. Diurnal Variation in pH Reduces Digestion and Sintesis of Microbial Protein when Pasture is Fermented in Continuous Culture. Journal of Dairy Science. 84(9): 2066 – 2072.

- Demment, M.; Peyraud, J.; Laca, E.A. 1995. Herbage Intake at Grazing: A Modeling Approach. En: Recent Developments in the Nutrition of Herbivores. Proceedings of the IV International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Journet, M.; Grenet, E; Farce, M.H.; Theriez, M.; Demarquilly, C. eds. INRA Editions, Paris, Francia. Pp. 121–141.
- Elizalde, J.C.; Santini, F.J.; Pasinato, A.M. 1996. The Effect of Stage of Harvest on the Processes of Digestion in Cattle Fed Winter Oats Indoors. 2. Nitrogen Digestion and Microbial Protein Synthesis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 63: 245–255.
- Elizalde, J. 1994. Suplementación de vacunos. Cuaderno de Actualización Técnica. N° 53. Primera edición. CREA.
- Fisher, G.; Dowdeswell, A.; Perrot, G. 1996. The Effects of Sward Characteristics and Supplement Type on the Herbage Intake and Milk Production of Summer-calving Cows. *Grass Forage Sci.* 51(2): 121–130.
- Forbes, T.D.A. 1988. Researching the Plant – Animal Interface: The Investigation of Ingestive Behavior in Grazing Animals. *J. Anim. Sci.* 66(9):2369–2379.
- Fortes, D.; Herrera, R.S.; Gonzáles, S. 2004. Estrategias para la resistencia de las plantas a la defoliación. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 38(2): 111–119.
- François, R.; Magri, G.; Montes, F. 2003. Suplementación energética con fuentes de diferente degradabilidad ruminal en novillos Hereford alimentados en base a pasturas de alta calidad en el periodo otoño – invernal: cinética de degradabilidad y parámetros ruminales. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 85 p.
- French, P.; Moloney, A.P.; O’Kiely, P.; O’Riordan, E.G.; Caffrey, P.J. 2001. Growth and Rumen Digestion Characteristics of Steers Grazing Autumn Grass Supplemented with Concentrates Based on Different Carbohydrate Sources. *British Society of Animal Science* 72: 139–148.

- Galli, J.R.; Cangiano, C.A.; Fernández, H.H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. Revisión bibliográfica. *Revista Argentina de Producción Animal*. 16(2):119-142.
- García, J.A. 1995. Estructura del tapiz de praderas. INIA – La Estanzuela, Uruguay. Serie Técnica n°. 66. 10 p.
- Gastó, J.; Contreras, D. 1979. Fertilización nitrogenada y precipitación en la productividad de la pradera anual natural del secano Mediterráneo de Chile Central. *Avances en Producción Animal* 4: 115–128.
- Gibb, M.J., Huckle, C.A., Nuthall, R., Rook, A.J., 1997. Effect of Sward Surface Height on Intake and Grazing Behaviour by Lactating Holstein Friesian Cows. *Grass Forage Sci.* 52, 309–321.
- Gomes, B.V. 1991. Influência das características químicas e físicas das forragens sobre o consumo, degradação e cinética da digestão ruminal. Tesis Doctor en Zootecnia. Viçosa. Minas Gerais. Universidad Federal de Viçosa 115 p.
- Gutiérrez, O.; Delgado, D.; Oramas, A.; Cairo, J. 2005. Consumo y digestibilidad de materia seca y nitrógeno total en vacas en pastoreo durante la época de lluvias, con bancos de proteína y sin ellos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 39(4): 593–597.
- 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*, 15, 663-670.
- Hodgson, J.; Brookes, I. M. 1999. Nutrition of Grazing Animals. In *Pasture and Crop Science*. White, J.; Hodgson, J. eds. Oxford University Press, Auckland, N.Z. Page 117.
- Hodgson, J.; S. Da Silva. 1999. Sustainability of Grazing Systems: Goal, Concepts and Methods. En De Moraes, A., Nabinger, C., Carvalho, P., Alves, S., Lustosa, S. (Eds.). *Anais do Simpoio Internacional “Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology”*, pp. 10-22.

- Hodgson, J. 1990. *Grazing Management. Science into Practice*. Longman Scientific and Technical. Essex, England. 203 p.
- Hodgson, J. 1981. Variations in the Surface Characteristics of the Sward and the Short – Term of Herbage Intake by Calves and Lambs. *Grass Forage Sci.* 36: 49–57.
- Hodgson, J. 1979. Nomenclature and Definitions in Grazing Studies. *Grass and Forage Science.* 34: 11-18.
- Hogan, J. P. 1996. Options for Manipulating Nutrition in Feed Supply is Immutable. *Aust. J. Agric. Res.* 47(2): 289.
- Holmes, C. W. 1987. Pastures for Dairy Cows. En Nicol (Ed.). *Feeding Livestock on Pasture*. New Zealand Society of Animal Production. pp 133-145.
- Jamieson, W.S.; Hodgson, J. 1979. The Effects of Variation in Sward Characteristics upon the Ingestive Behaviour and Herbage Intake of Calves and Lambs under a Continuous Stocking Management. *Grass Forage Sci.* 34: 273-282.
- Laca, E.A.; Ortega, I.M. 1995. Integrating Foraging Mechanisms Across Spatial and Temporal Scales. P 204-215. En: *Proceedings of the 5th International Rangeland Congress*, Utah. July 1995. Salt Lake City. Utah, USA. 452 p.
- Laca, E.A.; Ungar, E.D.; Demment, M.W. 1994. Mechanisms of Handling Time and Intake Rate of a Large Mammalian Grazer. *Appl. Anim. Behav. Sci.* (39): 3–19.
- Laca, E.; Ungar, E.; Seligman, N.; Demment, M. 1992. Effects of Sward Height and Bulk Density on Bite Dimensions of Cattle Grazing Homogeneous Sward. *Grass Forage Sci.* 47: 91–102.
- Lee, M.R.F.; Brooks, A.E.; Moorby, J.M.; Humphreys, M.O.; Theodorou, M.K.; MacRae, J.C.; Scollan, N.D. 2002. In Vitro Investigation into The Nutritive Value of *Lolium perenne* Bred for An Elevated Concentration of Water-soluble Carbohydrate and The Added Effect of Sample Processing: Freeze-dried and Ground vs. Frozen and Thawed. *Animal Research* 51(4): 269–277. 21

noviembre.

http://animres.edpsciences.org/index.php?option=com_article&access=doi&doi=10.1051/animres:2002023&Itemid=129

Leng, R.A.; Nolan, J.V. 1984. Nitrogen Metabolism in the Rumen. En: Symposium: Protein Nutrition of the Lactating Dairy Cow. J. Dairy Sci. 67:1072.

Lucci, C.S. 1997. Nutrição e manejo de bovinos leiteiros. 1a ed. São Paulo, SP. Editora Manole.

MacLeod, M.; Kennedy, P.; Minson, D. 1990. Resistance of Leaf and Stem Fractions of Tropical Forage to Chewing and Passage in Cattle. Br. J. Nutr. 63: 105–119.

Macitelli, F.; Berchielli, T.T.; De Andrade, P.; Da Silveira, R.N. 2003. Influência do Resíduo da Produção do Glutamato Monossódico (Amiferm) sobre os Parâmetros Ruminais e o Consumo de Bovinos Alimentados com Silagem de Milho. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 11(2): 111–118.

Marais, J.P. 2001. Factors Affecting The Nutritive Value of Kikuyu Grass (*Pennisetum clandestinum*) – A Review. Tropical grasslands 35: 65–84. http://www.tropicalgrasslands.asn.au/Tropical%20Grasslands%20Journal%20archive/PDFs/Vol_35_2001/Vol_35_02_01_pp65_84.pdf.

Mattiauda, D. A.; Chilibróste, P.; Betancur, O.; Soca, P. 2009. Intensidad de pastoreo y utilización de pasturas perennes en sistemas de producción de leche: ¿Qué niveles de producción permite y qué problemas contribuye a solucionar? In: Jornadas Uruguayas de Buiatría (37°, 2009, Paysandú). Uruguay. pp 96 – 103.

Mattiauda, D.A.; Chilibróste, P.; Favre, E.; Bruni, M.; Ordeix, B.; Apezteguía, E.; Rodríguez, F. 1993. Performance de vacas lecheras en pastoreo de avena suplementadas con afrechillo de trigo. Ciencia e Investigación Agraria, 20(2): 126–127.

- Mayne, C.; Wright, I.; Ficher, G. 2000. Grassland Management under Grazing and Animal Response. En: Grass: Its Production and Utilization, 3rd edition. A. Hopkins ed. pp 247–291. Blackwell Science Ltd. Oxford.
- McAllister, T.A.; Bae, H.D.; Jones, G.A.; Cheng, K..J. 1994. Microbial Attachment and Feed Digestion in the Rumen. *J. Anim. Sci.* 72(11): 3004 – 3018.
- McGilloway, D.A.; Cushnahan, A.; Laidlaw, A.S.; Mayne, C.S.; Kilpatrick, D.J. 1999. The Relationship Between Level of Sward Height Reduction in a Rotationally Grazed Sward and Short – Term Intake Rates of Dairy Cows. *Grass Forage Sci.* 54:116–126.
- Mejía-Haro, J.; Ruiz-Barrera, O.; Jiménez-Castro, J. A.; Mejía-Haro, I. 2003. Efecto de dos fuentes de proteína de degradabilidad ruminal diferente sobre el crecimiento y procesos digestivos en bovinos productores de carne. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 11(2):101–110.
- Mehrez, A.Z.; Ørskov, E.R. 1976. Rates of Rumen Fermentation in Relation to Ammonia Concentration. *Proc. Nutr. Soc.* 35(40), 264.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Económicas y Agropecuarias. 2003. La lechería comercial en Uruguay. Contribución a su conocimiento. Montevideo, Uruguay. 68p.
- Minson, D.J. 1990. Forage in Ruminant Nutrition. T. J. Cunha, (Ed). Academic Press, San Diego. USA. 483 p.
- Moraes, A.; Moojen, E.L.; Maraschin, G.E. 1990. Comparação de métodos de estimativas de taxas de crescimento em uma pastagem submetida a diferentes pressões de pastejo. En: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (27ª, 1990, Piracicaba). *Anais. Piracicaba, FEALQ.* p. 332.
- Muck, R.E.; O’Kiely, P.; Wilson, R.K. 1991. Buffering Capacities in Permanent Pasture Grasses. *Irish Journal of Agricultural Research* 30: 129–141.

- Mursan, A.; Hughes, T.P.; Nicol, A.M.; Sugiura, T. 1989. The Influence of Sward Height on the Mechanics of Grazing Steers and Bulls. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 49: 233–236.
- NRC, 1989. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. (6th. Ed). National Academy Press. Washington, D.C.
- Oba, M.; Allen, M. 1999. Evaluation of the Importance of the Digestibility of Neutral Detergent Fiber from Forage: Effects on Dry Matter Intake and Milk Yield of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 82: 859–596.
- Owens, F.N.; Bergen, W.G. 1983. Nitrogen Metabolism of Ruminant Animals: Historical Perspective, Current Understanding and Future Implications. *J. Anim. Sci.* 57: 498–518.
- Owens, F.N.; Secrist, D. S.; Hill, W.J.; Gill, D.R. 1998. Acidosis in cattle: A Review. *J. Anim. Sci.* 76: 275–286.
- Pardo O.; Carulla J.E.; Hess H.D. 2008. Efecto de la relación proteína y energía sobre los niveles de amonio ruminal y nitrógeno ureico en sangre y leche, de vacas doble propósito del piedemonte llanero, Colombia. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 21:387–397.
- Parsons, A.; Thornley, J.; Newman, J.; Penning, P.D. 1994. A Mechanistic Model of Some Physical Determinants of Intake Rate and Diet Selection a Two–species Temperate Grassland Sward. *Func. Ecol.* 8: 128–204.
- Penning, P.D.; Orr, R.J.; Parson, A.J.; Harvey, A. 1997. How do Cattle and Sheep Alter Ingestive in Response to Changes in Sward State? CD Proceedings of the XVIII International Grassland Congress. Winnipeg and Saskatoon Canada. 1: 2–23 – 2–24.
- Penning, P.D.; Parson, A.J.; Orr, R.J.; Hooper, G.E. 1994. Intake and Behaviour Response by Sheep to Change in Sward Characteristics under Rotational Grazing. *Grass Forage Sci.* 49: 476–486.

- Pérez, A. 2006. pH, amoníaco, ácidos grasos volátiles y producción de proteína microbiana en el rumen de corderos, según el horario de corte de la pastura consumida. Tesis Doctor en Ciencias Veterinarias. Montevideo, Uruguay, Facultad de Veterinaria.
- Peyraud, J.L.; Delaby, L. 2001. Ideal Concentrate Feeds for Grazing Dairy Cows Responses to Supplementation in Interaction with Grazing Management and Grass Quality. Page 203 in Recent Advances in Animal Nutrition. Garnsworthy P.C.; Wiseman, J. eds. Nottingham University Press, UK.
- Rearte, D.H. 1992. Alimentación y composición de la leche en los sistemas pastoriles. Balcarce, Cerbas. INTA. 94 p.
- Rearte, D.H.; Santini, F.J. 1989. Digestión ruminal y producción de animales en pastoreo. Rev. Arg. Prod. Anim. 9(2): 93–105.
- Rearte, D.H.; Kesler, E.M.; Hargrove, G.L. 1986. Response by Dairy Cows to Hay Supplement with Early Spring Grazing or to Delay in Turning to Pasture. J. Dairy Sci. 69(5): 1366–1373.
- Robinson, J.; Sinclair, K.; Randel, R.; Sykes, A. 1999. Nutritional Management of the Female Ruminant: Mechanistic Approaches and Predictive Models. Nutritional Ecology of Herbivores. Proceedings of the Vth International Symposium on the Nutrition of Herbivores. American Society of Animal Science. Savoy, Illinois, USA.
- Roguet, C.; Prache, S.; Petit, M.; 1998. Feeding Station Behaviour of Ewes in Response to Forage Availability and Sward Phenological Stage. Appl. Anim. Sci. 56: 187–201.
- Rook, A.J. 2000. Principles of Foraging and Grazing Behaviour. In: Grass: Its Production and Utilization. Hopkins, A. ed. Blackwell Science. p 229.
- Rook, A.J.; Huckle, C.A.; Penning, P.D. 1994. Effects of Sward Height and Concentrate Supplementation on the Ingestive Behavior of Spring – Calving

- Dairy Cows Grazing Grass – Clover Swards. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 40:101–112.
- Rotger, A. 2005. Fermentación Ruminal, degradación proteica y sincronización energía – proteína en terneras en cebo intensivo. Tesis Doctor en Producción Animal. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona. p 208.
- Rutter, S.M.; Champion, R. A.; Penning, P. D. 1997. An Automatic System to Record Foraging Behaviour in Free – Ranging Ruminants. *Applied Animal Behaviour Science*, 54, 185-195.
- Satter, L.D.; Roffler, R.E. 1979. Nitrogen Requirement and Utilization in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 58(8): 1219–1237.
- Sauvant D., Meschy F., Mertens D. 1999. Les composantes de l'acidose ruminale et les effets acidogènes des rations, *INRA Prod. Anim.* 12(1): 49–60.
- Silva, R.; Da Silva, F.; Prado, I.; Carvalho, G.; Franco, I.; Mendes, F.; Cardoso, C.; Pinheiro, A.; De Souza, D. 2006. Metodologia para o estudo do comportamento de bezerros confinados na fase de pós-aleitamento. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 14(4):135–138.
- Soca, P.; Olmos, F.; Espasandín, A.; Bentancur, D.; Pereyra, F.; Cal, V.; Sosa, M.; Do Carmo, M. 2008. Impacto de cambios en la estrategia de asignación de forraje sobre la productividad de la cría con diversos grupos genéticos bajo pastoreo de campo natural. En: Seminario de actualización: Cría vacuna. Serie Técnica Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIA 174: 110-119. Treinta y Tres, Uruguay.
- Soca, P. 2006. Estrategia de rumiantes a pastoreo como respuesta a la intervención en el patrón diario de conducta. En: Workshop internacional Sustentabilidade em sistemas pecuários. Pp. 110 – 131. Edit. Masón, Maringá, Brasil.
- Soca P.; Gonzales, H.; Manterola, H. 2002. Foraging Strategy of Milk Cows. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Literature Review. *Revista Ciencia Animal* (25): 119 – 225.

- Stobbs, T. 1978. Milk Production, Milk Composition, Rate of Milking and Grazing Behaviour of Dairy Cows Grazing Two Tropical Grass Pastures Under a Leader and Follower Systems. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 18: 5–11.
- Stuth, J. 1991. Foraging Behavior. En: Heitschmidt, R.; Stuth, J. *Grazing Management: An Ecological Perspective*. Oregon: Timber Press. p. 85-108.
- Tothill, J.C., Hargreaves, J.N.G., Jones, R.M.; McDonald, C.K. 1992. Botanal – A Comprehensive Sampling and Computing Procedure for Estimating Pasture Yield and Composition. 1. Field Sampling. *Tropical Agronomy Technical Memorandum 78*, CSIRO Division of Tropical Crops and Pastures, St Lucia, Queensland, pp 24.
- Van Thu, N.; Preston, T.R. 1999. Rumen Environment and Feed Degradability in Swamp Buffaloes Fed Different Supplements. *Livestock Research for Rural Development* 11: 3. 18 octubre 2011. <http://www.lrrd.org/lrrd11/3/thu113.htm>
- Vargas, J.E., López, S., Giráldez, F.J., González, J. S. 2007. Efecto del pH en el medio de cultivo sobre la digestibilidad. En: *Vitro de los forrajes*. Departamento de Producción Animal. Universidad de León. España.
- Wright, I.A.; Maxwell, T.J.; Russel, A.J.F.; Hunter, E.A.; Sibbald, A.R.; Hetherington, R.A.; Whyte, T.K. 1996. The Effect of Grazed Sward Height and Stocking Rate on Animal Performance and Output from Beef Cow Systems. *Grass Forage Sci.* 51(2): 199–208.
- Yokohama, M.T.; Johnson K.A. 1988. Microbiology of the Rumen and Intestine. En: Church DC (Ed.) *The ruminant animal: Digestive physiology and nutrition*. Prentice-Hall, New Jersey, EEUU. Pp 149 – 158.

8 ANEXOS