

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMPO  
NATURAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO EN PASTOREO DE NOVILLOS  
HOLANDO**

**por**

**Valentín ANFUSO ETCHEVERRY  
Nicolás CARAM FERNÁNDEZ VILLANUEVA  
Felipe CASALÁS MOURIÑO**

**TESIS presentada como uno de los  
requisitos para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2016**

Tesis aprobada por:

Director:

---

Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

---

Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani

---

Ing. Agr. PhD. Pablo Soca

---

Ing. Agr. PhD. Mónica Cadenazzi

Fecha: 17 de mayo de 2016.

Autores:

---

Valentín Anfuso Etcheverry

---

Nicolás Caram Fernández Villanueva

---

Felipe Casalás Mouriño

## AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía, en especial a la EEMAC, por brindarnos los medios necesarios para llevar adelante la carrera.

A nuestro director de tesis, Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano y a la Ing. Agr. PhD. Mónica Cadenazzi por compartir su conocimiento y el apoyo a lo largo de la tesis.

A nuestras familias por habernos dado la posibilidad de estudiar y el apoyo durante toda la carrera.

A nuestros amigos y compañeros por acompañarnos en algunas tareas de campo y por la información intercambiada para poder llevar adelante nuestros trabajos.

A Sully Toledo, por su trabajo en los aspectos formales de la tesis.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	2
2.1 EL ECOSISTEMA PASTORIL .....	2
2.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS ANIMALES EN PASTOREO .....	3
2.3 FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO ANIMAL EN PASTOREO.....	5
2.3.1 <u>Factores abióticos</u> .....	5
2.3.2 <u>Factores bióticos</u> .....	6
2.3.2.1 Selectividad animal.....	6
2.3.2.2 Disponibilidad de forraje .....	7
2.3.2.3 Distribución espacial del forraje.....	7
2.3.2.4 Composición herbácea.....	8
2.3.3 <u>Factores inherentes al animal</u> .....	9
2.3.4 <u>Respuesta animal a los metabolitos secundarios</u> .....	12
2.4 COMPORTAMIENTO INGESTIVO Y CONSUMO ANIMAL.....	14
2.4.1 <u>Consumo animal en pastoreo</u> .....	14
2.4.2 <u>Tiempo de pastoreo</u> .....	16
2.4.3 <u>Tasa de bocados</u> .....	17
2.4.4 <u>Peso del bocado</u> .....	18
2.3.5 <u>Ajustes para mantener el consumo diario</u> .....	19
2.5 VARIACIONES EN EL CONSUMO ANIMAL .....	21
2.5.1 <u>Limitantes en el consumo</u> .....	21

2.5.2 <u>Efecto del tamaño corporal</u> .....	22
2.5.3 <u>Efecto de la digestibilidad en el consumo</u> .....	23
2.6 EFECTO DE LA ESTRUCTURA DE LA PASTURA EN EL COMPORTAMIENTO ANIMAL.....	27
2.6.1 <u>Características de la pastura que afectan el consumo</u> .....	27
2.6.1.1 Altura de la pastura.....	28
2.6.1.2 Densidad de la pastura.....	29
2.6.1.3 Relación hoja/tallo.....	30
2.7 RESPUESTA ANIMAL AL MANEJO EN PASTOREO.....	30
2.7.1 <u>Asignación de forraje</u> .....	30
2.7.2 <u>Fertilización nitrogenada</u> .....	34
2.7.3 <u>Mejoramientos extensivos</u> .....	35
2.7.4 <u>Método de pastoreo</u> .....	36
2.8 HIPÓTESIS BIOLÓGICAS .....	37
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	38
3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO DE EVALUACIÓN .....	38
3.2 DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	38
3.2.1 <u>Suelos dominantes y asociados</u> .....	38
3.2.2 <u>Vegetación</u> .....	38
3.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS E ÍNDICE DE TEMPERATURA- HUMEDAD (ITH).....	38
3.4 TRATAMIENTOS Y SUPERFICIE DE LAS PARCELAS .....	39
3.5 ANIMALES EXPERIMENTALES.....	39
3.6 FERTILIZACIÓN Y SIEMBRA.....	39
3.7 DETERMINACIONES.....	40
3.7.1 <u>Actividades registradas</u> .....	41
3.7.1.1 Registro de actividad animal .....	41
3.7.1.2 Zonas en la parcela y valor pastoral de los cuadrantes.....	41
3.7.1.3 Tasa de bocados.....	41

3.7.1.4 Muestreo de la pastura por simulación de pastoreo (hand plucking) ..	41
3.7.1.5 Altura de la pastura.....	42
3.7.1.6 Masa de forraje .....	42
3.7.2 <u>Producción animal individual</u> .....	42
3.8 ANÁLISIS DE DATOS.....	42
3.8.1 <u>Diseño experimental</u> .....	42
3.8.2 <u>Análisis de datos</u> .....	43
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	45
4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.....	45
4.1.1 <u>Temperatura</u> .....	45
4.1.2 <u>Precipitaciones</u> .....	46
4.1.3 <u>Índice de Temperatura y Humedad (ITH)</u> .....	46
4.2 CONDICIONES DE LA PASTURA.....	47
4.2.1 <u>Altura</u> .....	47
4.2.2 <u>Asimetría y desvío</u> .....	48
4.2.3 <u>Oferta de forraje</u> .....	48
4.2.4 <u>Composición química del forraje</u> .....	49
4.3 COMPORTAMIENTO INGESTIVO DE LOS ANIMALES .....	52
4.3.1 <u>Pastoreo efectivo</u> .....	53
4.3.2 <u>Pastoreo búsqueda</u> .....	54
4.3.3 <u>Rumia</u> .....	54
4.3.4 <u>Descanso</u> .....	54
4.3.5 <u>Agua</u> .....	55
4.4 TASA DE BOCADOS.....	55
4.5 ACTIVIDADES DE LOS ANIMALES Y TMB SEGÚN MOMENTO DEL DÍA.....	56
4.6 VALOR PASTORAL .....	59
4.7 DESEMPEÑO ANIMAL.....	59
4.8 DISCUSIÓN .....	61

5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	67
6. <u>RESUMEN</u> .....	68
7. <u>SUMMARY</u> .....	69
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	70
9. <u>APÉNDICES</u> .....	77

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Condiciones de la pastura dadas por la altura (cm), desvío (cm), coeficientes de asimetría de Pearson y Bowley, masa de forraje (kg/ha MS) y oferta de forraje (% kgMS/100 kg PV) en los diferentes tratamientos, según el período (1 y 2) considerado y por entrada (E) y salida (S). .....	49
2. Composición química de la pastura a través de la simulación del pastoreo (hand plucking) dada por el % de proteína cruda (PC), % fibra detergente neutro (FDN) y % fibra detergente ácido (FDA) de cada tratamiento por período considerado y por entrada y salida de los animales.....	50
3. Resumen del análisis estadístico (p: p-valor y reg: coeficiente de regresión) para las variables de calidad de la pastura y sus medias ajustadas (med) en cada tratamiento, según las covariables que integran el modelo 1 (Trat: tratamiento, Desv: desvío estándar, OF: oferta de forraje, PV: peso vivo).....	52
4. Resumen del análisis estadístico (p: p-valor y reg: coeficiente de regresión) para las diferentes actividades y sus medias ajustadas (med) en cada tratamiento, según las covariables que integran el modelo 1 (Trat: tratamiento, Desv: desvío estándar, OF: oferta de forraje, PV: peso vivo).....	53
5. Resumen del análisis estadístico (p: p-valor y reg: coeficiente de regresión) para los bocados totales y la tasa media de bocados (TMB) y sus medias ajustadas (med) en cada tratamiento, según las covariables que integran el modelo 1 (Trat: tratamiento, Desv: desvío estándar, OF: oferta de forraje, PV: peso vivo).....	56

6.	Análisis de las diferentes actividades y sus medias según los 4 momentos del día, al momento de entrada y salida de los animales.....	57
7.	Tasa media de bocados promedio de los tratamientos, en los diferentes momentos del día (MDÍA) en los períodos 1 y 2 al momento de entrada y salida.....	58
8.	Valor pastoral de cada tratamiento, en cada bloque y promedio de ambos. ....	59
9.	Ganancia media diaria ajustada de cada animal en los distintos tratamientos a lo largo del experimento.....	59

Figura No.

1.	Disposición de bloques y tratamientos del sitio experimental.....	40
2.	Registro de temperaturas medias en (°C) para el año 2014, comparadas con la media histórica 1980-2009.....	45
3.	Registro de precipitaciones (mm) mensuales para el año 2014, comparado con la serie histórica 1980-2009. ....	46
4.	Variación diaria del ITH en los días de muestreo.....	47
5.	Ganancia media diaria en función de la edad de los animales en meses, al inicio del experimento, por tratamiento. ....	60
6.	Ganancia media diaria en función del peso vivo de los animales, al inicio del experimento, por tratamiento. ....	61

## 1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en el país comprende uno de los rubros principales dentro del sector agropecuario y se realiza principalmente sobre pasturas naturales, representando el 60% de la superficie.

Ajustes de la carga animal, siembras en cobertura y/o la fertilización NP son alternativas para intensificar la ganadería.

Experimentos anteriores demuestran el incremento en la productividad del campo natural al mejorarse con siembras en cobertura o fertilizaciones, siendo pocos los trabajos que cuantifican el comportamiento de los animales en pastoreo.

Comprender los procesos de pastoreo bajo condiciones donde varía la composición florística y la producción de forraje permitirán proponer medidas de manejo, para intensificar la producción cuidando la sustentabilidad del sistema.

Los objetivos de este trabajo son estudiar el efecto de diferentes niveles de intervención del campo natural sobre las variables de comportamiento en pastoreo de novillos Holando.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 EL ECOSISTEMA PASTORIL

La alimentación de los herbívoros presenta una mayor variabilidad en su valor nutritivo frente a la alimentación de los predadores (Belovsky y Westoby, citados por Senft et al., 1987). En comparación con estos últimos, el alimento de los grandes herbívoros es más probable que aparezca disperso en todo el paisaje que concentrado en parches discretos (Senft et al., 1987).

Comparando un herbívoro con un carnívoro predador, que tiene la comida distribuida irregularmente, alta en nutrientes y móvil, los herbívoros se enfrentan a plantas donde los nutrientes están más distribuidos, en baja densidad, y su accesibilidad es también reducida por las propiedades estructurales y químicas de la vegetación (Illius y Gordon, 1990).

Variaciones en estas propiedades, como la densidad, grado de lignificación y composición química, son importantes en determinar el valor potencial del parche de vegetación. Además, la morfología de la dentición determina el grado en que un animal puede tomar e ingerir plantas desde un arreglo espacial de la vegetación (Illius y Gordon, 1990).

Los herbívoros interactúan con los recursos forrajeros a varios niveles de resolución ecológica, desde el nivel de bocado a comunidades de plantas, paisajes y sistemas regionales. Los límites entre las subunidades dentro de cada escala jerárquica son definidos en última instancia por la percepción del animal y la respuesta al forraje disponible. Las escalas ecológicas son definidas por las tasas en que ocurren los procesos de pastoreo y ecosistémicos mientras que los límites entre cada unidad de esta escala se definen por el comportamiento animal (Senft et al., 1987).

Se identifican 6 escalas espaciales para los herbívoros en un orden jerárquico, desde la escala más pequeña a la más grande: bocado, estación de alimentación, parche, sitio de alimentación, campo de pastoreo y región de pastoreo (Bailey et al., 1996).

Cada escala se define según las características comportamentales que ocurren a diferentes velocidades. Estos niveles están asociados con diferentes unidades de espacio que varían con el tamaño corporal y con la estrategia de pastoreo de los herbívoros. La menor escala es el bocado y está claramente definida como la secuencia de prehensión del forraje, los movimientos de mandíbula, lengua, y la cabeza (Bailey et al., 1996). La estación de alimentación se define como una organización de plantas disponibles para un herbívoro donde el animal pastorea sin la necesidad de mover sus extremidades frontales, alcanzando el alimento con movimientos de la cabeza (Galli et al., 1996). El parche (patch) es un grupo de estaciones de alimentación separadas de las otras por un corte en la secuencia del pastoreo, cuando los animales se reorientan a una nueva

estación. Otra forma de definir un parche sería la agregación espacial de bocados sobre el cual el consumo o la tasa de movimientos permanece relativamente constante a lo largo de un corto período de tiempo (30 segundos) (Bailey et al., 1996).

Un sitio de alimentación es la colección de parches en una área espacial contigua que los animales pastorean durante un turno de pastoreo. Este va a contener una o más comunidades de plantas. Los turnos de pastoreos son definidos por cambios en el comportamiento desde el pastoreo al descanso, rumia u otra actividad. Un campo de pastoreo es un arreglo de sitios de alimentación que tienen un foco común donde los animales beben, descansan, buscan el alimento y se refugian (Bailey et al., 1996).

Típicamente, los movimientos entre campos envuelven a la comunidad total y puede ocurrir cada algunas semanas. La región de pastoreo son colecciones de campos y son definidas por alambrados, barreras, etc. (Bailey et al., 1996).

Campos y regiones de pastoreo refieren al comportamiento y unidades de selección que ocurren dentro de una escala regional. Mientras que parches, estaciones de alimentación, y campos refieren a comportamientos y unidades de selección que ocurren dentro de la escala local. Los bocados, estaciones de alimentación y parches, refieren a comportamientos que Senft et al. (1987) clasifican que ocurren a escala de comunidad de planta.

El condicionamiento instrumental del comportamiento de pastoreo, las aversiones condicionadas, el patrón espacial de especies forrajeras, el tamaño y forma de los potreros, el momento y duración de períodos de pastoreo, y por último, el número de animales, se consideran como herramientas de precisión para el manejo de sistemas pastoriles (Villalba et al., 2002).

El proceso de pastoreo puede ser entonces analizado a partir de la base de tres escalas: la selección y formación del bocado, la selección y utilización de la estación de pastoreo y el patrón de pastoreo en la parcela. Estas tres escalas son definidas por la interacción del comportamiento ingestivo y la pastura (Stuth, 1991).

## 2.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS ANIMALES EN PASTOREO

Cuando los animales se orientan por sí solos en un hábitat deben decidir cuándo bajar su cabeza y establecer su estación de alimentación en su campo de pastoreo. Dentro de la estación de alimentación el animal debe seleccionar entre especies individuales de planta que van a ser consumidas mas allá de las partes de esa planta que irá a comer. Así, el proceso de selección de la dieta tiene dos niveles mayores que se pueden distinguir claramente, la selección espacial y la selección de especies (Stuth, 1991).

La velocidad en que los herbívoros transitan diferentes porciones del campo puede afectar los patrones de pastoreo. Movimientos lentos a través de las áreas con gran cantidad de nutrientes puede asegurar que los herbívoros gasten proporcionalmente más tiempo en áreas ricas en nutrientes ya que ellos gastan más tiempo alimentándose que moviéndose (Bailey et al., 1996). Esta distribución de pastoreo parece ser más sensible a la cantidad de forraje que a la presión de pastoreo o carga animal (Walker et al., 1989b). A medida que el tamaño de la pastura aumenta, particularmente en pasturas naturales, la variedad y heterogeneidad de los recursos disponibles incrementa (Laca, 2009).

Sin embargo Senft et al. (1987) aseguran que los animales se mueven más frecuentemente cuando el forraje es más productivo y con mayor diversidad de comunidades.

Es razonable de esperar que con incrementos en el tamaño de la pastura, manteniendo constante la carga, la densidad de la pastura, y el forraje disponible, la selectividad espacial incrementa (Laca, 2009), induciendo cambios en el mosaico de parches (Ring et al., citados por Senft et al., 1987).

Esta selectividad está muy ligada a la heterogeneidad, ya que para que el animal consuma un determinado alimento y rechace otro, debe ser capaz de diferenciarlo. La heterogeneidad puede ser percibida por el animal a distintos niveles y entonces la selección puede ser a nivel de sitio de alimentación dentro de una pastura, de especies dentro de un sitio, o de órganos dentro de una planta. El grado de selección depende de las características del tapiz dado por características en la madurez, físicas y bioquímicas de la pastura y de la capacidad de selección del animal (identificación y aprehensión) (Hodgson 1985, Galli et al. 1996).

En la zona de mayor preferencia la vegetación en general es verde, baja, compuesta esencialmente por láminas, en cuanto que las de menor preferencia se presentan con vegetación más alta y elevada presencia de material senescente. Por consiguiente, la defoliación selectiva del animal genera con el pasar del tiempo diferentes estructuras y estas por su parte afectan la selectividad animal (Carvalho et al., 2000).

La probabilidad de que un animal regrese a un lugar determinado, es proporcional a la riqueza de la comunidad. La remoción de forraje localizada produce variabilidad afectando subsecuentemente las decisiones de pastoreo del animal. También es importante considerar la respuesta activa de la planta, como la capacidad de rebrote. A escala de la planta, máximos crecimientos se alcanzan con intensidades de pastoreo bajas a medias (Coughenour, McNaughton, citados por Senft et al., 1987).

La ingesta de forraje de animales en pastoreo puede ser considerada en términos del balance entre los efectos metabólicos, físicos y conducta animal. Estos a su vez dependerán del tipo de planta y variables en el animal (Hodgson, 1985).

Para Laca (2009), la distribución del ganado en los pastizales tiene propiedades fractales, probablemente como resultado de la distribución de los recursos como de los procesos comportamentales involucrados no solamente en la selección de la dieta mientras pastorean, sino también en interacciones sociales, regulaciones de temperatura y en el consumo de agua.

Los procesos de localización, identificación, y el consumo de una adecuada combinación de especies y partes de plantas son la principal determinante de la productividad secundaria neta y del impacto del ganado en los ecosistemas (Villalba et al., 2009b).

## 2.3 FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO ANIMAL EN PASTOREO

### 2.3.1 Factores abióticos

La selección de áreas de alimentación se modifica a partir de un patrón de coincidencias de varios factores, incluyendo la topografía, la pendiente y la proximidad a agua o piedras de sal (Arnold, citado por Hodgson 1982a, Senft et al. 1987) obligando al animal a pastorear en determinadas áreas (Smith, citado por Bailey et al., 1996). Estos factores son usualmente consistentes y pueden ser predichos con mayor exactitud que los factores bióticos (Bailey et al., 1996).

Características del micro sitio, como pueden ser la presencia y ausencia de sombra y viento, incide donde los animales descansan y puede afectar donde pastorean (Arnold, citado por Hodgson 1982a, Senft et al. 1987, Stuth 1991).

Estos factores determinan que las relaciones entre patrones de distribución y características ambientales varíen de un lugar a otro (Bailey et al., 1996).

El sistema de pastoreo puede ser utilizado para reducir la concentración de animales e introducir una determinada carga a áreas antiguamente poco utilizadas (Skovlin, citado por Bailey et al., 1996). Muchos beneficios son atribuidos al sistema de pastoreo como resultado de mejorar su distribución (Laycock, citado por Bailey et al., 1996).

Hart et al., citados por Bailey et al. (1996) mostraron que disminuir el tamaño del potrero y reducir la distancia al agua son aspectos más importantes para mejorar la utilización del forraje en lugar de implementar sistemas intensivos de pastoreo rotacional. Sin embargo, alambrados, accesibilidad al agua, arreos, y otras prácticas de manejo tienen pequeños o ningún efecto en la selección de la dieta o en los procesos de selección de los sitios de alimentación. Los alambrados pueden ser utilizados para restringir sitios de alimentación alternativos. Así, dentro de un sitio de alimentación la

pastura o el potrero debe ser lo más similar posible para obtener un pastoreo uniforme (Bailey y Rittenhouse, citados por Bailey et al., 1996).

### 2.3.2 Factores bióticos

#### 2.3.2.1 Selectividad animal

La selectividad se define como la proporción relativa del forraje seleccionado dividido por la disponibilidad relativa de ese forraje en el campo (Senft, citado por Laca et al., 2010).

La selección de la dieta es debida en parte a la palatabilidad y la imagen sensorial agregada de la pastura. Sin embargo la palatabilidad está poco correlacionada con el valor nutritivo y con la calidad nutritiva, y esta puede ser modificada con las características físicas de la planta, la presencia de componentes secundarios y la experiencia previa de alimentación. La preferencia relativa expresada por los animales dentro de comunidades de plantas, es generalmente una función lineal de la abundancia relativa y/o la calidad nutricional de la planta preferida en la comunidad (Senft et al., 1987). La calidad de la misma afecta directamente el consumo y su tasa, influyendo en la selección y la velocidad de procesamiento del alimento en el tracto digestivo (Galli et al., 1996).

Según Villalba y Provenza (2009a) la palatabilidad incrementa con la sincronización del suministro de energía y proteína y disminuye cuando hay un exceso de ellos.

Aunque el ganado selecciona la composición de la dieta desde el forraje disponible (Hardison et al., Heady, citados por Launchbaugh et al., 1990), el sitio de la pastura y su condición definen la composición vegetal y determinan los límites en la selección de la dieta. Además, los sitios describen la producción de forraje potencial y temporal, que influyen en la habilidad del herbívoro de alcanzar los requerimientos de consumo, y así afectan la selección de la dieta y el consumo de nutrientes (Launchbaugh et al., 1990).

La selectividad puede afectar las variables del comportamiento ingestivo. Se asume que cuando el animal pastorea, busca los sitios de alimentación mientras camina. Del total de estos sitios, el animal selecciona unos y rechaza otros. Por lo tanto, el tiempo de búsqueda dependerá de la velocidad de traslado, de la cantidad de sitios de alimentación por unidad de superficie y de la selectividad (Galli et al., 1996).

Según Allen (2014), dado que el alimento potencial para animales aparentemente forma una capa prácticamente continua, el tiempo de búsqueda no está totalmente determinado por el esfuerzo de alcanzar plantas.

### 2.3.2.2 Disponibilidad de forraje

La selección de la dieta por los herbívoros requiere de la solución de dos problemas opuestos; obtener la máxima calidad y una adecuada cantidad. A partir de que la mayoría del forraje ofrecido para el animal es de bajo valor nutritivo, la selección por calidad es a expensas de la cantidad. Los animales se mueven a través de una comunidad de plantas y parches cercanos cambiando de dirección en cada movimiento (Senft et al., 1987).

La masa y la estructura de la vegetación en el canopeo de la pastura afecta el comportamiento ingestivo y por ende el consumo de forraje. La distribución vertical del forraje ejerce la mayor influencia sobre el comportamiento ingestivo en pasturas de clima templado, mientras que en pasturas tropicales las variables asociadas con la densidad de hojas y la relación hoja/tallo son de importancia dominante. Estas características no nutricionales afectan primariamente el consumo de forraje (Hodgson, 1982a).

Variaciones en la estructura de la pastura y distribución relativa de los componentes de la canopía dentro de la pastura, influyen en la oportunidad de selección por el animal. Incrementos en el consumo con incremento en la masa de forraje pueden ser explicados por mejoras en la facilidad de prehensión e ingestión del forraje o por mayor oportunidad de selección resultando en una mayor concentración de nutrientes en la dieta (Hodgson, 1982a). La estructura de la composición botánica del canopeo puede ejercer un efecto directo sobre el consumo, aparte de la influencia de la composición química y el contenido de nutrientes del forraje (Hodgson, 1990).

En los distintos sitios de la pastura, la calidad nutritiva de las plantas y la relación hoja/tallo y vivo/muerto varían afectando la selección animal (Cook y Harris, Sims et al., Araujo, citados por Launchbaugh et al., 1990). La dieta de animales en pastoreo consistentemente tiene más contenido de hoja y menor contenido de tallo y a su vez más material vivo y menos material muerto, que el promedio de la vegetación a la que tienen acceso (Van Dyne et al., Arnold, citados por Hodgson 1982a, Hardison et al., Arnold, citados por Launchbaugh et al. 1990). Esto refleja en parte la preferencia de ciertas áreas que contienen mayor contenido de forraje verde (Law et al., citados por Hodgson, 1982a) y de comunidades de plantas en activa fase de crecimiento (Hunter, citado por Hodgson, 1982a).

### 2.3.2.3 Distribución espacial del forraje

La selección de la dieta por los animales en pastoreo involucra decisiones jerárquicas relativas a la distribución espacial de las plantas a lo largo del paisaje (Bailey et al., 1996).

El tamaño y la distribución espacio-temporal de los alimentos han sido vistos como la variable dominante influenciando el comportamiento en pastoreo (Illius y Gordon, 1990).

El sitio de selección puede ocurrir a una escala variable, desde unos pocos metros a muchos kilómetros (Hodgson, 1982a). Según Laca (2009), los animales son capaces de distinguir parches con distancias mayores a 5 metros con alta probabilidad de identificar lugares con el alimento preferido. La elección del sitio de pastoreo puede ser influenciada por la distribución de áreas verdes, diferencias en las especies constituyentes y el estado de crecimiento de las diferentes comunidades (Hunter, Low et al., citados por Hodgson, 1982a), la distribución de heces y orina y la contaminación del suelo (Marsh y Campling, Keogh, citados por Hodgson, 1982a).

Diferencias en tamaño, morfología, partes de la boca y estrategias de pastoreo influyen en el sitio de selección y en la selección del bocado (Hodgson, 1982a).

La distribución espacial de las diferentes especies de plantas determinan el balance de la competencia intra e interespecífica y sus interacciones. Plantas individuales crean un campo ecológico alrededor de ellas donde pueden tener influencia de otras plantas (Walker et al., citados por Laca, 2009).

El animal tiende a concentrar su actividad de pastoreo dentro de los estratos con mayor cantidad de hoja (Hodgson, 1990).

El pastoreo genera heterogeneidad ya que es un proceso discreto en el tiempo y el espacio. Cuando la producción de forraje excede la demanda, los animales tienden a concentrar su actividad de pastoreo en áreas particulares e ignorar otras. En estas circunstancias las chances de defoliación en un área previamente defoliada serán mayores respecto a un área que no ha sido defoliada, generando un mosaico de parches altos y bajos intercalados que son funcionalmente diferentes. En estas circunstancias la variabilidad en tamaño de macollas tiende a incrementar y la semillazón puede ocurrir rápidamente en áreas no pastoreadas. Aunque el pastoreo será eficiente en áreas pastoreadas, las pérdidas de forraje en la pastura como un todo van a ser mayores (Hodgson 1990, Laca 2009). Esta heterogeneidad espacial, la dinámica dirigida por eventos discretos, y los cambios de escala son tres fenómenos que pueden contribuir al proceso de entender y manejar sistemas pastoriles (Villalba et al., 2002).

#### 2.3.2.4 Composición herbácea

La composición de especies, morfología de plantas, productividad y calidad del forraje también afectan la distribución del pastoreo. Los herbívoros usualmente destinan el tiempo en diferentes áreas de la pastura basados en los niveles de recursos que encuentran en ella (Bailey et al., 1996).

Animales pastoreando pasturas mixtas tienden a comer algunas plantas y evitar

otras. Es útil distinguir entre preferencia y selección. Preferencia sería la discriminación exhibida entre los componentes de una pastura si todos fuesen disponibles sin restricciones (Hodgson, 1990). La selección es probable que sea modificada por la proporción relativa de diferentes especies de plantas o componentes y su distribución en el espacio. Arnold, citado por Hodgson (1982a) definió el proceso de pastoreo como el movimiento en el plano horizontal y la selección en el plano vertical.

La selección de la dieta es representada como la proporción de cada especie pastoreada y se piensa que puede depender en la proporción de las especies presentes en la pastura (Dumont et al., citados por Laca, 2009). Las especies preferidas son mayormente pastoreadas y potencialmente tienden a decrecer debido a interacciones competitivas entre ellas (Laca, 2009).

La composición botánica y morfológica de la vegetación puede ejercer un marcado efecto sobre la oportunidad de selección de animales en pastoreo. Por lo tanto, la selección es la medida de la elección demostrada en la práctica, y la composición de la dieta seleccionada refleja la preferencia, modificada por las limitaciones de la oportunidad de selección que ocurren en el campo (Hodgson, 1990).

La selección del ganado resulta en una dieta de mejor calidad que el promedio de la pastura (Illius et al. 1987, Montossi et al. 1998). Sin embargo, cuando las especies de los potreros están mezcladas, el ganado tiene menos oportunidad de seleccionar su dieta preferida, mientras que si las especies están separadas en manchones fácilmente identificables, las dietas se aproximan a lo que los animales prefieren (Hodgson 1990, Villalba et al. 2002).

En pasturas multiespecíficas, con una distribución irregular de diferentes especies, el ganado selecciona preferencialmente una especie sobre otra. Como resultado el pastoreo es desigual alcanzado un uso desigual del forraje ofrecido (Hodgson 1990, Villalba et al. 2015).

La calidad de la planta dada por su digestibilidad y proteína cruda es correlacionada positivamente con las especies de preferencia (Hardison et al., Heady, Arnold y Hill, Marten, citados por Launchbaugh et al., 1990) que determinan un alto potencial en la tasa de consumo (Illius et al. 1987, Kenney y Black, citados por Launchbaugh et al. 1990). Diferencias en altura y densidad de especies de plantas entre sitios de la pastura pueden influir en la composición de la dieta, afectando el consumo potencial (Black y Kenney, citados por Launchbaugh et al., 1990).

### 2.3.3 Factores inherentes al animal

La selección de la dieta por parte de los rumiantes es un tema complejo. Por un lado, hay evidencia que los rumiantes pueden percibir directamente los componentes nutricionales en el alimento, y es difícil de aceptar que el gusto o no de cada alimento les

permita seleccionar alimentos que son nutritivos y evitar aquellos que son tóxicos (Provenza, 1995).

Por otra parte, estudios de décadas pasadas han establecido que los rumiantes generalmente seleccionan dietas altas en nutrientes y bajas en toxinas comparado con el promedio del alimento disponible (Arnold y Dudzinski, Provenza y Balph, Rosenthal y Janzen, Raupp y Tallamy, Rosenthal y Berenbaum, citados por Provenza, 1995).

Por lo tanto, el ganado debe integrar información a nivel de bocado, estación de alimentación y parche para evaluar alternativas espaciales como sitios de alimentación, campo y región de pastoreo. También pueden usar las tasas de consumo y las consecuencias postingestivas (Provenza, Provenza y Cincotta, citados por Bailey et al., 1996) para integrar la información obtenida a través de la selección de la dieta (Bailey et al., 1996).

La experiencia y la respuesta animal a distintos estados fisiológicos a través de la alteración del comportamiento ingestivo es debida a procesos afectivos (implícitos o asociativos) y procesos cognitivos (explícitos o declarativos) (Provenza y Villalba, citados por Villalba et al., 2015). Por un lado, los procesos afectivos incluyen la integración no cognitiva del tacto de la comida con la retroalimentación postingestiva desde células y órganos en respuesta a los niveles de nutrientes ingeridos. Esta integración causa cambios en el gusto de lo consumido que tendrá efectos aversivos o positivos en el ambiente interno del animal (Provenza 1995a, Villalba et al. 2015). Por el otro lado, los sistemas cognitivos integran el olor y la vista del alimento con el tacto. El ganado usa estos sentidos para diferenciar entre comidas y seleccionar o evitar alimentos que, al igual que los procesos cognitivos, podrán tener efectos aversivos o positivos en el ambiente interno del animal. En este caso, el resultado neto es una modificación en el comportamiento (Villalba et al., 2015).

Los procesos cognitivos pueden afectar los comportamientos que ocurren a pequeña y gran escala. El aprendizaje y la memoria han demostrado afectar la selección de la dieta y son muy importantes en la selección de los sitios de alimentación. La frecuencia en los mecanismos de selección de cada parche o sitio de alimentación asume que los animales pueden distinguir y recordar diferentes niveles de nutrientes a lo largo de diferentes parches y/o sitios de alimentación. Esto requiere una memoria de largo plazo ya que los animales no van a volver a esa área por días o semanas. Los animales también pueden recordar donde han pastoreado por lo menos unas pocas horas (memoria de corto plazo o de trabajo), por lo tanto pueden evitar parches recientemente empobrecidos (Bailey et al., 1996).

Juntos, los procesos afectivos y cognitivos, permiten al animal mantenerse fluidamente, dándole cambios continuos respecto a su ambiente interno y externo (Provenza y Villalba, citados por Villalba et al., 2015).

Según Hodgson (1990) el gusto y el olor determinan en última instancia la elección entre componentes de una pastura, pero la vista y el tacto influyen en una aproximación inicial y en una evaluación de los componentes.

Villalba y Provenza (2009a) concluyen que los sentidos del olor, sabor y visión, les permiten a los animales discriminar los alimentos. La reacción post-ingestiva calibra las experiencias sensoriales -gustar o no gustar- de acuerdo a las experiencias pasadas y presentes con una utilidad del alimento para el cuerpo. Por lo tanto, la selección de alimento puede interpretarse como la búsqueda de sustancias en el ambiente externo que provean un beneficio homeostático para el ambiente interno.

Esto determina que alguna planta en particular o comunidades de plantas sean más preferidas y seleccionadas que otras por diferencias innatas o inducidas en la sensibilidad animal a las características físicas y químicas de hojas y tallos (Arnold, citado por Hodgson, 1982a).

También existe evidencia que la selección de alimento involucra interacciones entre los sentidos del gusto y el aroma, y mecanismos para sentir las consecuencias de la ingesta de alimento como puede ser saciedad y el malestar (Provenza, 1995).

Durante la vida de un individuo existen dos tipos de memoria: la adquirida por la experiencia individual a través de los efectos postingestivos del alimento, y la adquirida a través del conocimiento transgeneracional (aprendizaje social) (Provenza, 1995). Los terneros aprenden de la madre o compañeros que es apropiado comer y que no, resultando en un rol principal de la transmisión del conocimiento nutricional a lo largo de las generaciones (Provenza, citado por Provenza 1995, Villalba y Provenza 2009a).

El ganado es capaz de aprender cuando y donde existe un forraje de alta calidad y disponibilidad, puede usar la memoria espacial y pueden adaptar los patrones de búsqueda del alimento para unirse con los patrones de distribución de la comida en el tiempo y el espacio (Laca, 2009).

Mientras la selección de los sitios de alimentación y los campos pueden ser modificadas por el uso de puntos atrayentes tales como disponibilidad de alimento de alta palatabilidad de forma permanente o intermitente (Laca, 2009), la selectividad entre parches y estaciones de alimentación y bocados necesita ser direccionado por el cambio del estado interno del animal, dado por la modificación de la función del rumen a través de la suplementación, ayuno, etc., o por condiciones aversivas de sabor (Villalba y Provenza, 2009a).

La tasa de remoción de forraje desde un parche es restringido por las limitantes físicas de la estructura de la pastura en el peso del bocado. Concurrentemente el grado de utilización de la estación de pastoreo va a ser afectada por las características globales

del hábitat, como son la abundancia de diferentes tipos de parches. Normalmente, efectos de pequeña a gran escala pueden ser mediados por un integrador. En este caso el animal integra información acerca de su ambiente de pastoreo a través de su estado interno, representado por su memoria, llenado del aparato digestivo, hambre, expectativas de oportunidad de pastoreo, etc. (Demment y Laca, 1993).

#### 2.3.4 Respuesta animal a los metabolitos secundarios

Las interacciones entre los metabolitos vegetales secundarios (PSM) y los nutrientes de las plantas pueden influenciar la selección de la dieta y la dinámica de la comunidad de plantas (Villalba et al., 2002).

Existen muchos mecanismos por los cuales el sitio en el campo puede influir en la selección de la dieta y en el consumo de nutrientes por el ganado. Los herbívoros seleccionan dietas de diversas especies de plantas que varían en nutrientes y en los PSM, el resultado es una dieta más alta en nutrientes y más baja en PSM que el promedio disponible en el ambiente.

Las preferencias alimenticias en el ganado están controladas por señales dietéticas (por ejemplo: sabor) asociativamente condicionadas por acciones post-ingestivas de los alimentos (Villalba y Provenza, 2009a). Los animales aprenden las consecuencias de la ingestión de alimentos, modifican su consumo de metabolitos secundarios en función de la disponibilidad de nutrientes, cambian su consumo de macronutrientes en función de la ingesta de metabolitos secundarios y aprenden asociaciones complementarias y antagonistas entre metabolitos secundarios de las plantas (Villalba et al., 2002).

Es claro que los rumiantes tienen la habilidad de discriminar finamente los diferentes alimentos que ellos consumen, y han desarrollado la aversión condicionada al sabor, al igual que los monogástricos. El ganado no solamente puede evitar el consumo de niveles tóxicos de una planta venenosa, sino también pueden regular el consumo de la toxina y el antídoto incluso si se encuentran en diferentes áreas de la pastura (Villalba et al. 2002, Laca 2009).

La retroalimentación postingestiva calibra el sabor de un alimento con una utilidad homeostática. Si un alimento particular provee químicos que son requeridos por un animal en cierto punto, el animal va a asociar el sabor de ese alimento con un beneficio para el cuerpo y la preferencia tiende a incrementar. En contraste, si un alimento provee químicos que provocan un efecto negativo al cuerpo o compuestos que no son necesarios en un tiempo particular (por ejemplo: exceso de nutrientes), la retroalimentación postingestiva va a causar una disminución en la preferencia de ese alimento y del consumo (Villalba y Provenza, 2009a).

Concentraciones de nutrientes y metabolitos secundarios de las plantas varían espacial y temporalmente, creando un ambiente alimenticio multidimensional (Simpson y Raubenheimer, citados por Villalba et al., 2002).

Los metabolitos secundarios selectivamente aumentan o disminuyen el consumo dependiendo de la composición de los macronutrientes del alimento. Estos resultados implican que la probabilidad que una planta sea comida será dependiente no solamente de las defensas químicas sino también de la cantidad y calidad de los nutrientes de la plantas vecinas, y la habilidad de los herbívoros de aprender las asociaciones entre los nutrientes y los metabolitos (Villalba et al., 2002).

Una comunidad de plantas con diversidad bioquímica es probable que permita a los herbívoros comer combinaciones de alimentos complementarios, resultando en una mejor performance cuando se ofrece una mezcla de plantas en lugar que plantas solas (Villalba et al., 2002).

La misma cantidad y calidad de nutrientes podría tener diferentes efectos en la selección de la dieta por herbívoros dependiendo de la clase y concentración de los metabolitos secundarios en la comunidad de plantas. Desde otro ángulo, la misma concentración de metabolitos podría tener diferentes impactos en la selección de la dieta dependiendo de la disponibilidad de diferentes nutrientes. Así las relaciones entre fuentes de alimento son probables que varíen caso a caso dependiendo de la composición bioquímica de plantas y de la experiencia de los herbívoros con las plantas (Villalba et al., 2002).

Efectos asociativos podrían influenciar la coexistencia de especies de plantas y la diversidad de comunidades de plantas. Plantas palatables podrían ganar protección asociativa por un crecimiento cerca de plantas no palatables. A la inversa, plantas no palatables podrían experimentar mayor herbivoría o susceptibilidad asociativa cuando crecen cerca de especies palatables (Villalba et al., 2002).

Demment y Laca (1993) concluyeron que las variables potencialmente relevantes que determinan las decisiones animales son: llenado del rumen, estatus reproductivo y fisiológico, grasas y otras reservas de energía, balance de agua, niveles de metabolitos y toxinas en sangre, experiencia previa del alimento, aversiones del tacto y preferencias, ubicación de la comida, ciclos temporales, grados de aclimatación en términos de la morfología de las vísceras, expresión de enzimas y microflora ruminal.

## 2.4 COMPORTAMIENTO INGESTIVO Y CONSUMO ANIMAL

### 2.4.1 Consumo animal en pastoreo

El consumo es la principal determinante de la producción animal y a través de su efecto en la estructura de la pastura, también resulta determinante de la producción de las plantas (Ungar, 1996). Las variaciones en el consumo voluntario de forraje son indudablemente el factor de la dieta más determinante del nivel y eficiencia de la producción de los rumiantes (Allison, 1985).

El rendimiento en producto animal de las áreas de pasturas depende de un número asociado de factores. Para mejorar la utilización de forraje es necesario medir, o por lo menos estimar, estos componentes. Uno de los más importantes de estos componentes es cuantificar el forraje consumido por los animales en pastoreo (Cordova et al., 1978).

Sin embargo, uno de los mayores factores que afectan la precisión de la medición del consumo es la alta variabilidad individual, incluso cuando es expresada en unidades metabólicas (Van Dyne y Meyer, Minson y Milford, citados por Cordova et al., 1978).

El consumo de forraje, el cual es función del tamaño de la comida y la frecuencia, es determinado por la interacción de mecanismos con diversos efectos temporales. La respuesta en comportamiento ingestivo a la dieta, es influenciada por el suministro de energía en la sangre que es afectada por el estado fisiológico (Allen, 2014).

El inicio de la comida es probable que sea dependiente del status energético del animal, por lo que la iniciación de la comida está relacionada negativamente con el status energético. El hígado probablemente es el factor sensorial primario del status de energía que integra mecanismos de corto plazo afectando la saciedad y el hambre (Allen, 2014).

El consumo diario de forraje (CD) puede analizarse como el producto de tres variables: el forraje consumido en un bocado durante el pastoreo (PB); el tiempo diario de pastoreo (TP); y la tasa de bocados durante el pastoreo (TB), resultando la siguiente ecuación:  $CD = PB \times TB \times TP$  (Allden y Whittaker 1970, Hodgson 1985, Galli et al. 1996). Esta ecuación es algo mecánica, sin embargo, reduce los patrones complejos del proceso de pastoreo a funciones cuantificables más simples, y así provee una base útil considerando la manera en que el comportamiento responde a las variables características de la pastura que pueden influenciar el consumo de forraje. Por lo tanto, en ausencia de error el producto de  $PB \times TB \times TP$  puede estimar el consumo de forraje, y en teoría debería ser posible calcular cualquiera de las cuatro variables conociendo las otras tres (Hodgson, 1982a). Estas variables influyen directamente sobre la rumia,

descanso, búsqueda, excreción (Arnold, citado por Hodgson, 1985) y el gasto diario de energía (O'Sullivan, citado por Hodgson, 1985).

El consumo restringido de nutrientes es probablemente el mayor factor que limita la producción en animales en pastoreo (Hodgson, 1982a). Sin embargo, las variables de comportamiento pueden ser más sensibles al manejo del pastoreo que al consumo de nutrientes ya que el consumo puede ser amortiguado por adaptaciones del comportamiento, alterando el tiempo de pastoreo, los bocados por minuto y el peso del bocado. Comprender como el ganado ajusta su comportamiento ingestivo a variaciones en el forraje disponible y sistemas de manejo de pastoreo, es esencial para desarrollar un marco teórico de los factores que controlan el consumo de forraje (Allden y Whittaker 1970, Allison 1985, Demment y Greenwood 1988, Walker y Heitschmidt 1989a).

La relación entre consumo de materia seca y cantidad de forraje disponible describe una relación curvilínea que tiende asintóticamente a un máximo. En esta curva se puede distinguir una parte ascendente, que es donde la capacidad de cosecha del animal dada por los factores no nutricionales limita el consumo por una regulación a través del comportamiento ingestivo, y es afectada por la selección de la dieta y la estructura de la pastura. En esta parte de la curva el consumo es muy sensible a cambios en la biomasa aérea, oferta de forraje y altura, de manera que pequeñas variaciones en cualquiera de estas variables tendrá gran efecto en la producción animal. En la parte asintótica de la curva, en cambio, los factores nutricionales como la digestibilidad, el tiempo de retención en el rumen, y las concentraciones de productos metabólicos son de importancia en el control del consumo, considerando que la disponibilidad de forraje no es limitante (Galli et al., 1996).

El trabajo diario de un animal en pastoreo es dividido dentro de períodos alternativos de pastoreo, rumia y descanso, y la duración y cierto grado en la distribución del pastoreo y la actividad de rumia pueden ser influenciados por las condiciones de la pastura, el manejo del pastoreo y las variaciones climáticas. Los patrones de actividad de miembros individuales de un grupo son usualmente similares y el registro de muchos períodos de pastoreo está fuertemente influenciado por el amanecer y el atardecer (Hafez, Arnold, citados por Hodgson, 1982b).

Hodgson (1982b) definió que mediciones convencionales del consumo de forraje pueden ser normalmente realizadas sobre períodos de 7 a 14 días. Cuando la diferencia entre los animales puede ser determinada, observaciones de 4-6 animales por tratamiento son normalmente adecuadas para definir diferencias entre tratamientos (para la mayoría de los parámetros en estudio) con un aceptable grado de precisión. Con este número, y particularmente con variables como el consumo por bocado que tiene una gran variación inherente, es aconsejable hacer mediciones repetidas dentro de los períodos de cada tratamiento.

Cuando el número de animales por parcela es bajo, tienden a permanecer juntos, independientemente de la carga animal, mientras que si el número de animales incrementa, la tendencia a formar sublotos con comportamiento independiente también incrementa (Hacker et al., citados por Allen, 2014).

#### 2.4.2 Tiempo de pastoreo

Vacas y ovejas normalmente dividen su día de trabajo en períodos alternos de pastoreo, rumia y descanso. Usualmente se observan entre 3 y 5 períodos de pastoreos diarios, el primero comienza al amanecer, el segundo ocurre tarde en la mañana, el tercero al atardecer y un cuarto período de pastoreo durante las horas de la noche, siendo los más largos e intensos antes y después del anochecer. La mayoría de la actividad de rumia ocurre durante la noche cuando el animal está descansando, pero usualmente existen actividad de rumia después de cada período de pastoreo (Hodgson 1982b, Hodgson 1990).

Si bien muchos de los animales pastorean al mismo tiempo, hay una variación entre patrones individuales de actividad de rumia. Estos patrones característicos pueden ser afectados por actividades rutinarias como son el amamantamiento o el movimiento de animales a pasturas jóvenes y excepcionalmente por condiciones climáticas extremas (Hodgson, 1990). El estrés por calor podría afectar el comportamiento animal, disminuyendo el tiempo de pastoreo y aumentando la rumia (Dougherty et al., 1992).

El rango de tiempo de pastoreo registrado en ganado de carne es de 4 y 14 horas diarias, con el mayor número de observaciones entre 7 y 11 (Galli et al., 1996).

Walker y Heitschmidt (1989a) encontraron grandes diferencias estacionales en el tiempo invertido en las diferentes actividades. El tiempo total de pastoreo parece estar relacionado positivamente con variaciones estacionales en la calidad del forraje, alcanzando un máximo de 697 min/día en primavera y un mínimo de 542 min/día en invierno.

El tiempo de pastoreo puede aumentar el primer día en la parcela por la actividad de exploración en la nueva parcela (Walker y Heitschmidt, 1989a). La exploración podría estar asociada con un bajo peso de bocados resultando en un mayor tiempo de pastoreo durante los primeros días. Cuando mayores tiempos de pastoreo son asociados con progresivas defoliaciones, ocurren cambios concomitantes en la calidad de la dieta (Jamieson y Hodgson 1979, Walker y Heitschmidt 1989a).

El pastoreo animal es por sí solo una compleja actividad, en donde la cantidad y distribución de bocados, la actividad asociada a la búsqueda de forraje y la manipulación en la boca pueden ser muy variables. Estímulos externos como condiciones climáticas y la presencia de otros animales pueden interferir en el comportamiento ingestivo resultando una variable impredecible (Hodgson, 1982b).

El tiempo de pastoreo diario es función de la calidad del forraje, balance térmico y estabilidad a corto plazo del forraje disponible. Los animales reducen su tiempo diario de pastoreo cuando la digestibilidad del forraje disponible cae y el tiempo de retención incrementa. Cuando las temperaturas del día son dentro de la zona termo neutra del ganado, la mayor parte del pastoreo (90%) es durante el día. En períodos de mucho calor el ganado reduce el pastoreo de la tarde e incrementa el de la noche (Stuth, 1991).

Un animal puede interrumpir la actividad de pastoreo para moverse a un nuevo parche, para alejarse de otro animal, o en respuesta a algún factor de disturbio. Interrupción de estas tendencias son más frecuentes y de mayor duración al comienzo o al final del período de pastoreo que en el medio del mismo (Hodgson, 1982b).

Gary et al., citados por Hodgson (1982b) no encontraron diferencias significativas entre estimaciones del tiempo de pastoreo derivado de observaciones con intervalos de 1, 15, 30 y 45 minutos y concluyeron que con observaciones con intervalos de 15 minutos proveen una medición confiable.

El estudio del comportamiento animal comienza por mirar a los animales, y ciertamente un conocimiento detallado de los patrones de comportamiento derivados de la observación directa es un prerrequisito esencial para la colección y análisis de registros de pastoreo en cualquier medición (Hodgson, 1982b).

Existe evidencia que la presencia de los observadores, incluso a distancia, puede influenciar la actividad de pastoreo (Jamieson y Hodgson, 1979).

#### 2.4.3 Tasa de bocados

El proceso de pastoreo consiste en la búsqueda de los sitios de alimentación (relevamiento, reconocimiento, decisión) y una vez encontrado, el animal toma uno o más bocados. El tiempo de manipulación del bocado dependerá de las características de éste (reunir el forraje dentro de la boca, arrancar, masticar y tragar). Los tiempos de búsqueda y manipulación generalmente se superponen, es decir, el animal continúa la búsqueda de nuevos sitios mientras manipula los bocados (Galli et al., 1996).

El número total de bocados medidos durante 24 horas raramente excede los 36000 bocados. De ahí que el consumo puede ser restringido cuando el peso de bocado es menor a 0,3 gramos (Stobbs, 1973). En pasturas de festuca de 16 a 22 centímetros de altura la tasa de bocados no se vio afectada durante las mediciones de la sesión de pastoreo, promediando 42 bocados por minuto (Arias et al., 1990).

La tasa de bocados puede ser más rápida en la mañana y al final de la tarde que durante el resto del día (Rodríguez Capriles, citado por Hodgson, 1982b), y puede tender a declinar con el tiempo de duración del período de pastoreo (Hancock, citado por Hodgson, 1982b). Estos patrones no siempre son observados (Jamieson, citado por

Hodgson, 1982b), pero es importante de tomarlos dentro de una planificación de un calendario operativo en orden de asegurarse un adecuado balance en la información. Los registros deben cubrir por lo menos los mayores períodos de pastoreo del día incluyendo particularmente temprano en la mañana y en la tarde, y si es posible, repetir las observaciones en cada animal en intervalos en cualquier período de pastoreo (Hodgson, 1982b).

Arnold, citado por Allen (2014), provee información de patrones diurnos, en donde la calidad de la dieta tiende a ser mayor en la tarde que en la mañana, debido al deseo de los animales de comer rápidamente durante los períodos de pastoreo de la mañana.

En pasturas heterogéneas y/o hacia los períodos de fin de pastoreo, incluso en pasturas de alto valor nutritivo, los animales tienden a moverse más rápidamente para mantener su cabeza más alta y tomar simples bocados o grupos de bocados de paso. La tasa de bocados será más baja, probablemente no más de 30 a 40 bocados por minuto. En algunos casos los animales caminarán a propósito de un parche de forraje a otro, pero en otros casos parecen tener bocados intermitentes en el curso de un movimiento esencialmente al azar (Hodgson, 1990).

La tasa de bocados tiene un límite dado por la morfología de las mandíbulas del animal. Presumiblemente cada animal puede mover sus mandíbulas a una velocidad máxima. Por debajo de un cierto nivel máximo, la tasa de bocados está determinada por la interacción entre la masticación del animal y la estructura de la pradera. Por lo tanto, la modificación en la tasa de bocados es una respuesta directa a variaciones en la pastura, más que a un intento del animal por compensar una variación en el peso del bocado (Galli et al., 1996).

#### 2.4.4 Peso del bocado

Un bocado puede definirse como "*el acto de arrancar una cantidad de pasto que llene la boca 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*" (Galli et al., 1996).

El consumo por bocado es el producto del volumen del canopeo abarcado por bocado y de la densidad de la pastura. Se puede considerar que el volumen de bocado es el producto de la profundidad de mordida por el área abarcada (Hodgson, 1985).

En la mayoría de los casos el peso del bocado es la variable del comportamiento ingestivo con mayor relevancia, explicando el mayor porcentaje de la variación en el consumo diario de forraje y por lo tanto el desempeño del ganado, mientras que la tasa de bocados y el tiempo de pastoreo juegan un papel secundario

(Arias et al. 1990, Dougherty et al. 1992, Chacon et al., Hodgson et al., citados por Demment y Laca 1993, Galli et al. 1996, Bailey et al. 1996).

Sin embargo, no siempre está relacionado con la masa de forraje. Penning et al., citados por Bailey et al. (1996), encontraron que las pasturas con similares alturas pero diferentes estructuras (relación hoja/tallo) resultaban en diferentes tasas de consumo y peso de bocado.

El peso de bocado es la primera respuesta animal frente a variaciones en las características físicas de la pastura, dada por la masa verde de forraje, tamaño de hoja y altura (Stobbs 1973, Jamieson y Hodgson 1979, Hodgson 1985), observándose una relación lineal positiva entre la altura de la pastura y el peso del bocado. También puede ser afectado por la morfología del animal, determinada por el comportamiento (Illius y Gordon 1990, Bailey et al. 1996).

Cálculos teóricos muestran que un peso de bocado menor a 0,3 gramos puede limitar seriamente el consumo diario. El peso del bocado cosechado en pasturas tropicales puede limitar el consumo de forraje por las menores densidades de la pastura, el alto contenido de tallo y la baja relación hoja/altura que tiene una mayor influencia sobre el tamaño y el que demora en construir el bocado. La cantidad de alimento consumido es el mayor factor que afecta la productividad animal (Stobbs, 1973).

Una alta selectividad de la dieta por calidad puede producir una caída en el consumo total si hay una reducción en el tamaño de bocado que determine una baja tasa de consumo (Galli et al., 1996). En algunos casos la alta concentración de nutrientes seleccionados compensa la disminución del consumo (Hodgson, 1985), mientras que si la pastura pierde calidad rápidamente no existe una relación compensatoria entre peso de bocado y tasa de bocado (Arias et al., 1990).

### 2.3.5 Ajustes para mantener el consumo diario

Los animales son capaces de modificar su comportamiento ingestivo ya que ellos tienden a compensar una baja tasa de consumo aumentando el tiempo de pastoreo diario y de este modo, la ingesta diaria es menos sensible que la tasa de consumo frente a condiciones limitantes de la pastura. No obstante, el grado de compensación en algunos casos es insuficiente y en otros despreciables. Se puede considerar que el tiempo de pastoreo está limitado por la biomasa disponible por animal y por día, los controles físicos y metabólicos y el tiempo máximo de pastoreo diario. En los dos primeros casos, el tiempo de pastoreo puede considerarse como una variable dependiente. El animal aumenta su tiempo de pastoreo, a una tasa de consumo dada, en respuesta a una mayor biomasa disponible o por su mayor capacidad de consumo. Por lo tanto, la variación del tiempo de pastoreo como ya fue planteado para la tasa de bocados, no sería un mecanismo de compensación, sino una respuesta a variaciones en la pastura. El tiempo máximo de pastoreo se refiere a las situaciones con baja tasa de consumo, donde

aparentemente no actuarían los controles físicos y metabólicos. En estos casos para explicar el tiempo de pastoreo, se ha especulado con efectos de fatiga o de la necesidad de disponer de tiempo para otras actividades. Los mecanismos que lo regulan, aun no son bien conocidos y esto limita la predicción del consumo a partir del comportamiento ingestivo, así como el desarrollo de modelos de simulación (Galli et al., 1996).

El tiempo gastado en pastoreo efectivo es inversamente relacionado a la cantidad de forraje y a la calidad de la dieta, mientras que el peso de bocado es proporcionalmente relacionado a estas variables (Walker y Heitschmidt, 1989a).

La energía neta obtenida por unidad de consumo declina con incrementos en el consumo diario, y los costos específicos de la obtención del consumo incrementan a medida que la diferencia entre la dieta y la composición del forraje disponible incrementa, y disminuye cuando aumenta el IAF (Demment y Laca, 1993).

Aunque la tasa de consumo instantánea varía y puede estar limitada por el forraje disponible, el consumo diario total no debería ser afectado de la misma manera. Dentro de ciertos límites los herbívoros pueden compensar la tasa de consumo en corto plazo por incrementos en el tiempo de pastoreo, y de este modo pueden mantener el consumo diario (Allison, Demment y Greenwood, citados por Bailey et al., 1996), sin embargo rara vez son de la magnitud como para evitar alguna reducción en la tasa de consumo de forraje (Hodgson 1982a, Hodgson 1985).

En general, cuando el peso del bocado disminuye, aumenta su tasa, debido a los menores tiempos de masticación, pero como existe un costo fijo, que es el tiempo de aprehensión, la tasa de consumo se reduce. Este mecanismo explicaría por qué la tasa de bocado no tiene efecto compensador capaz de mantener la velocidad de la ingesta frente a una reducción del peso del bocado (Galli et al., 1996).

Bajo peso de bocado resulta en una mayor velocidad del pastoreo y por lo tanto un menor tiempo en la comunidad o parche. La tasa de bocados es dependiente de la interacción entre el nivel de saciedad y la distancia al agua (Stuth, 1991).

A medida que avanza la primavera y la cantidad de material senescente en el canopeo incrementa, el ganado reduce el tiempo de búsqueda entre estaciones de alimentación e incrementa el tiempo de selección en la estación de alimentación (Stuth, 1991).

Hodgson (1990) definió compromisos que son necesarios para alcanzar altas tasas de consumo de forraje por unidad de área. Estos son permitir efectiva interceptación de luz y alta eficiencia fotosintética por parte de la pastura, mantener altas tasas de crecimiento y una población vigorosa de macollas que aseguren la futura capacidad de crecimiento y evitar pérdidas por senescencia y descomposición.

## 2.5 VARIACIONES EN EL CONSUMO ANIMAL

### 2.5.1 Limitantes en el consumo

El comportamiento ingestivo de rumiantes bajo un rango de condiciones de alimentación limita el consumo (Demment y Greenwood, 1988). La digestibilidad, la tasa de pasaje de la ingesta y el llenado del retículo rumen son los mecanismos de regulación del consumo en rumiantes. El tamaño del cuerpo y el estatus fisiológico parecen tener el mayor efecto en el animal relacionado a factores que gobiernan el nivel de consumo voluntario (Allison, 1985).

A escalas diarias, la tasa de consumo es limitada por los procesos postingestivos de digestión y excreción, por el tiempo disponible de pastoreo y por la tasa de consumo durante la actividad de pastoreo. Dentro de períodos de actividad de pastoreo (minutos) la tasa de consumo es afectada por propiedades espaciales y morfológicas de la vegetación, densidad, señales sensoriales relacionadas al olfato y gusto, energía absorbida, interacciones sociales entre animales y por el aparato ingestivo del animal (Allison 1985, Allen 2014).

Las dietas de rumiantes varían ampliamente en los efectos de llenado, debido a la variación en los contenidos de la dieta y las características de digestión de la fibra del forraje. La distensión ruminal es causada tanto por la masa como por el volumen de la digesta y la concentración inicial de humedad, así como la capacidad de retener agua de la digesta a lo largo del tiempo es probable que afecte la distensión ruminal, especialmente consumiendo alimentos con alta concentración de humedad como son las pasturas (Allen, 2014).

El comportamiento animal influye en la función del rumen a través de la selección de la dieta, tamaño de partículas e hidratación del alimento ingerido. El comportamiento ingestivo representa un compromiso entre la masticación la cual incrementa la tasa de pasaje y el masticado de forraje fresco que incrementa el consumo. Mientras el comportamiento ingestivo influye en la función del rumen, ambos son influenciados por el estado interno del animal. Este estado interno es función de la morfología del aparato digestivo, y la demanda nutricional del animal es afectada por su estado reproductivo, hambre o condiciones fisiológicas (Demment et al., citados por Demment y Greenwood, 1988).

Mecanismos que afectan el consumo de alimento tienen efectos temporales que pueden variar de minutos y horas a semanas y meses. Mecanismos de largo plazo incluyen aquellos que afectan el mantenimiento del peso vivo así como también adaptaciones homeoréticas a la preñez y lactancia. Mecanismos con efecto en el corto plazo están relacionados a las características de la dieta que afectan la distensión del rumen e intestino, concentración de péptidos y la oxidación de la energía, con respuesta variable dependiendo del estado fisiológico (Allen, 2014).

La tasa en que el animal puede conseguir su alimento durante la actividad de pastoreo, es función de la capacidad de prehensión y de la abundancia de comida. La relación entre la tasa de consumo y la abundancia de alimento está basada en una respuesta funcional. Esta es una relación entre tasa-estado, en que la variable estado es usualmente definida como la masa por unidad de área y la variable tasa como la masa ingerida por unidad de tiempo (Allen, 2014).

Para Allison (1973) la nutrición animal depende generalmente de 4 factores: requerimientos animales, el contenido de nutrientes de los alimentos, la digestibilidad de los alimentos y cuánto va a consumir el animal.

Mientras que para Hodgson (1990) el consumo de forraje es influenciado por tres grupos de factores principales, aquellos que afectan la digestión del forraje, relacionados con la madurez y con la concentración de nutrientes del forraje consumido; aquellos afectados por la ingestión, relacionados principalmente a la estructura física de la canopía de la pastura; y aquellos afectados por la demanda de nutrientes y la capacidad de consumo y digestión de los animales, reflejando en gran parte la madurez y nivel productivo de la pastura.

#### 2.5.2 Efecto del tamaño corporal

Cuando los herbívoros de todos los tamaños pueden obtener rápidamente grandes bocados, la tasa de consumo incrementa con el tamaño del cuerpo a una tasa similar a los requerimientos metabólicos (Allison 1985, Shipley, citado por Bailey et al. 1996).

Cuando el forraje disponible es abundante y de buena calidad el consumo *ad libitum* de rumiantes es influenciado por la demanda de energía, que es proporcional al tamaño metabólico, pero varía con la digestibilidad del alimento. Animales más chicos tienen mayores requerimientos de energía por unidad de peso vivo que animales más grandes (Allison, 1985).

Es frecuentemente asumido que el consumo en animales en pastoreo también varía en función del peso vivo, pero es poco probable ver que una sola relación pueda ser aplicada ya que las diferencias en peso vivo resultan de diferencias en edad, raza, y nivel de nutrición previa. Dentro de una raza el consumo está más estrechamente relacionado a la edad que al peso vivo. Igualmente, el consumo está relacionado a la condición corporal, tanto como al tamaño corporal (Allison, 1985).

Sin embargo, el peso vivo de animales maduros varía con el tiempo, y la condición corporal varía entre animales. Por lo tanto, el peso vivo puede ser un pobre indicador de la demanda energética y del consumo, incluso cuando diferencias en productividad son contabilizadas (Allison, 1985).

Animales de bajo peso como consecuencia de una previa subnutrición muestran una mejora en la actividad de pastoreo y consumo por unidad de peso vivo, en comparación con animales previamente mejor alimentados (Hodgson, 1985).

El tamaño corporal y las variables relacionadas tienen importantes consecuencias en la selección de la dieta del ganado (Illius y Gordon, 1990). El rumen de un animal joven es relativamente más chico que el de un adulto, además de una tasa de pasaje más rápida incrementando el apetito (Allison, 1985). Hodgson (1985) definió que diferencias entre especies de animales en la estructura y tamaño de las partes de la boca pueden tener un mayor impacto en la selectividad que en el consumo, lo que permite explicar que terneros tienden a seleccionar forraje con altos niveles de proteína cruda y baja FDA y celulosa respecto a animales adultos (Allison, 1985). Animales más grandes pueden utilizar alimentos pobres en calidad porque pueden comer más y retener la fracción pared celular por mayor tiempo, permitiendo una digestión más extensa en su tracto digestivo (Illius y Gordon, 1990).

Animales de boca grande presentan una ventaja en pasturas altas por el gran tamaño individual de las plantas, en comparación con animales de boca chica que son capaces de mantener el consumo en vegetaciones ralas (Hodgson, 1985).

El factor más crítico para conocer los requerimientos nutricionales en animales en pastoreo es saber cuánto es capaz de consumir voluntariamente ese animal (Allison, 1985).

### 2.5.3 Efecto de la digestibilidad en el consumo

La digestibilidad de la dieta, definida como la proporción del alimento consumido que desaparece en el pasaje a través del tracto digestivo, es usada como una medida de la eficiencia del proceso digestivo y frecuentemente como una expresión del valor nutritivo de la dieta (Hodgson, 1990). Dicha tasa de desaparición depende de la tasa de pasaje y de la tasa de absorción (Allison, 1985). A su vez, la tasa de pasaje depende de la calidad nutricional del alimento, por lo que alimentos que sean rápidamente consumidos reflejan alta tasa de pasaje y por su feedback positivo alta tasa de consumo (Illius y Gordon 1990, Provenza 1995). Incrementos en el consumo con incrementos en la digestibilidad son comúnmente atribuidos a las reducciones en el llenado del rumen y a los incrementos en las tasas de pasaje (Van Soest, citado por Provenza, 1995).

La regulación del consumo está bajo el control de uno de dos sistemas, dependiendo de las características de la dieta. El consumo de concentrados energéticos altamente digestibles es debido al control metabólico o es limitado generalmente por los requerimientos nutricionales del animal, mientras que el consumo de dietas de menor digestibilidad y poco energéticas como las pasturas, está bajo control físico o es limitado por el espacio ocupado dentro del tracto gastrointestinal (Waldo, 1986).

Los cambios en el rumen durante el proceso de alimentación son integradas al sistema nervioso central, causando la detención de la ingesta. La saciedad dentro de una comida es presumiblemente mediada por la tensión de receptores en el retículo rumen y puede disminuir el consumo (Provenza, 1995).

El consumo es más importante que la digestibilidad en las diferencias que causan en la digestión de la materia seca del forraje. La contribución relativa del consumo es de un 70% y 30% para la digestibilidad, cuando gramíneas y leguminosas son consideradas (Crampton et al., citados por Waldo, 1986). En condiciones donde la cantidad de forraje no es limitante, el consumo por animales es relacionado a la digestibilidad del forraje consumido (Jamieson y Hodgson, 1979) y al requerimiento de energía (Provenza, 1995).

Conrad et al., citados por Waldo (1986), encontraron que el consumo incrementa con incrementos en la digestibilidad para mantener una salida de materia seca fecal alrededor de 1,07% del peso vivo hasta que el animal satisface sus requerimientos energéticos. Esta salida constante de materia seca fecal relativa al peso vivo a bajas digestibilidades implica una limitación física en el intestino. El consumo de una dieta de alta digestibilidad disminuye al aumentar la digestibilidad de la misma, regulando el consumo de materia seca de acuerdo a los requerimientos metabólicos.

Predominantemente, el consumo voluntario de forraje es limitado por la capacidad del retículo rumen y por la tasa de desaparición de la digesta desde los órganos. A digestibilidades menores a 66% limita la tasa de pasaje, mientras con digestibilidades mayores, el consumo de forraje es controlado por otros factores (Allison, 1985). Galli et al. (1996) encontraron que el consumo aumenta hasta valores de digestibilidad de 82%. Bajas concentraciones de nutrientes limitan el consumo, concentraciones medias causan incrementos en el consumo, y excesivas tasas y concentraciones de nutrientes están relacionadas con decrementos en el consumo (Hodgson 1982a, Provenza 1995). Un incremento en la digestibilidad de la dieta confiere una doble ventaja en animales en pastoreo, que va a tener como resultado un incremento en la concentración de nutrientes de la dieta y al mismo tiempo un incremento en la cantidad consumida (Hodgson, 1990).

Variaciones en el consumo voluntario de forraje sobre el rango de llenado del aparato digestivo puede ser explicada en un alto grado por diferencias en el tiempo de retenciones en el rumen independientemente del llenado del mismo. Así la fracción rápidamente fermentable del forraje no ocupa un espacio en el retículo rumen por largos períodos de tiempo, comparando con los componentes estructurales de la pared celular del forraje (Allison, 1985).

Si el llenado del retículo rumen se asume constante, el consumo de materia seca y el tiempo de retención están inversamente relacionados. Existe una correlación significativa ( $r = -0,93$ ) entre el consumo de materia orgánica digestible y el tiempo de

retención de la materia orgánica en el rumen (Allison, 1985).

Incrementos en el contenido de fibra hacen que el forraje se vuelva más duro provocando que la prehensión se vuelva más dificultosa. Esto a veces puede causar la disminución de las tasas de ingestión y de bocado. Existe una fuerte relación en la tasa de bocados con el contenido de hemicelulosa. Incrementos en el contenido de hemicelulosa está relacionado a incremento en la tenacidad, causando en el animal más tiempo y esfuerzo en la prehensión de bocado (Olson et al., 1989).

Mayores consumos se logran reduciendo la masticación y aumentando la tasa de bocado. La reducción en la tasa de masticación produce tamaño de partículas más grandes después de la ingestión, requiriendo un mayor tiempo de rumia para mantener la tasa de pasaje. Diferentes estados internos producen diferentes comportamientos en el mismo ambiente nutricional, debido a que los comportamientos ingestivos y de procesamiento, determinan una estrategia en respuesta al ambiente (Demment y Greenwood, 1988).

Sin embargo, Moore y Mott, citados por Cordova et al. (1978) no pudieron sugerir que la digestibilidad *per se* es el único o el primer factor en controlar el consumo de forraje. La relación entre la digestibilidad de la dieta y el consumo no es necesariamente así de simple, porque diferentes especies de plantas o componentes pueden diferir en su tasa de digestión a similares niveles de digestibilidad como consecuencia de modificaciones en la estructura de la pastura asociadas a estados fenológicos diferentes (Hodgson, 1990).

El alto consumo voluntario y bajo tiempo de retención en el rumen de hojas respecto a tallos, fue asociado a una alta tasa de digestión y pasaje de la FDN, debido a una mayor digestibilidad potencial en la hoja (Allison, 1985).

La compensación entre calidad y cantidad debe ser vinculada con el funcionamiento del rumen para entender como el animal altera su comportamiento ingestivo para explotar su ambiente (Demment y Greenwood, 1988).

En ciertas circunstancias el consumo de forraje puede ser limitado por una franca deficiencia de nitrógeno en la dieta, esta ocurrencia puede ser común en pasturas tropicales, pero es raro que ocurra en animales pastoreando en pasturas templadas, incluso en estado de madurez (Hodgson, 1990).

En forrajes que contienen valores de proteína cruda entre 8 y 10%, el consumo es aparentemente limitado por la capacidad del retículo rumen y la tasa de desaparición de la ingesta de estos órganos. Mientras que el consumo es limitado por otros factores metabólicos en forrajes que contienen más de 10% de proteína cruda (Allison, 1985).

Finalmente las concentraciones de proteína cruda por debajo de 6 a 8% disminuyen la tasa de fermentación microbiana, de esta manera reduciendo el consumo,

presumiblemente por la disminución en la tasa de pasaje (Provenza, 1995).

Exceso de nitrógeno en el alimento pueden afectar adversamente el consumo. Rumiantes alimentándose con dietas altas en proteína degradable en el rumen experimentan altos niveles de amonio ruminal, sufren malestar y disminuyen el consumo (Provenza, 1995).

Rumiantes deficientes en proteína, probablemente seleccionan dietas en directa concordancia con sus requerimientos proteicos, determinando un menor consumo, que también ocurre cuando la dieta es deficiente en minerales (Provenza, 1995).

El valor nutricional y la digestibilidad de los alimentos son también difíciles de determinar debido a que la selección animal se basa en varios componentes de especies de plantas y partes de la misma (Allison, 1985). Animales en pastoreo pueden ejercer una mayor discriminación entre gramíneas y tréboles, cuando estos se encuentran agrupados respecto a si se encontraran distribuidos uniformemente en la pastura (Hodgson, 1985). A igual digestibilidad, el consumo de leguminosas es mayor respecto a gramíneas. El material de hojas de hierbas y arbustos posee más rápida tasa de digestión que gramíneas en igual estado fenológico (Allison, 1985). Debido a que la digestibilidad de los tejidos de las plantas baja progresivamente con la edad, se espera que el consumo decline con incrementos en la madurez del forraje (Hodgson, 1990). La digestibilidad de los tejidos de la planta puede variar en un rango entre 80 y 90% para hojas inmaduras, mientras que en vainas y tallos maduros florecidos varía entre 40 y 50%, siendo esta digestibilidad aún más baja para tejidos leñosos (Hodgson, 1990).

Bajo un pastoreo bien balanceado, variaciones en la digestibilidad de la dieta son muy pequeñas a través de un rango de alturas de pastura. La variación en la digestibilidad de la dieta no varían mucho frente a diferentes alturas debido a que en todos los casos los animales comen una dieta compuesta principalmente por hojas jóvenes (Hodgson, 1985).

El comportamiento ingestivo en pastoreo depende de las reacciones del animal a las variables de la interfase del mismo con la planta, afectando el consumo. Una clara evidencia fue obtenida por Chacon y Stobbs, citados por Olson et al. (1989) cuando extrajeron el contenido ruminal de animales con baja ingesta diaria y no lograron aumentos significativos en el tiempo de pastoreo. Esto significa que el animal dedica un tiempo diario limitado a la cosecha de forraje y por lo tanto necesita lograr una velocidad de ingestión que le permita alcanzar el consumo esperado de acuerdo a la calidad del alimento. En estos casos las características no nutricionales de la pastura son las que limitan el consumo (Galli et al., 1996).

El contenido de proteína cruda y la digestibilidad de la materia orgánica indican que incrementos en el contenido de nutrientes y su disponibilidad fueron positivamente relacionados a las tres respuestas comportamentales. Incrementos en estos nutrientes

están relacionados positivamente al atractivo, causando un incremento en la tasa de bocados de los animales. También está positivamente relacionado a un alto contenido de hojas, que lleva a un incremento en la tasa de bocados, porque los animales gastan menos tiempo manipulando tallos en cada bocado. La fracción fibra tiende a ser negativamente relacionada con las variables de comportamiento ingestivo (Chacon y Stobbs, citados por Olson et al., 1989).

## 2.6 EFECTO DE LA ESTRUCTURA DE LA PASTURA EN EL COMPORTAMIENTO ANIMAL

### 2.6.1 Características de la pastura que afectan el consumo

El ganado responde al manejo del pastoreo y a variaciones en el forraje disponible y su estructura con variaciones en el tiempo de pastoreo, en la tasa de bocados, tamaño de bocado, tiempo en una estación de alimentación, y tiempo en la selección de bocados o en las estaciones de alimentación (Stobbs 1973, Jamieson y Hodgson 1979, Walker y Heitschmidt 1989a).

Las características estructurales de las pasturas son las mayores determinantes del comportamiento ingestivo animal (Arias et al., 1990).

En pasturas templadas la altura del forraje, la densidad, la relación hoja/ tallo y la relación material muerto/material vivo son importantes modificadores del consumo de forraje (Allison et al. 1981, Hodgson 1982a, Dougherty et al. 1992).

Las variaciones en la tasa de bocados del animal son en respuesta al peso de bocado determinado por las condiciones de la pastura. Estas variables buscan compensar las variaciones en el consumo dadas por diferentes condiciones de la pastura (Hodgson, 1985). Por ejemplo, largos tiempos de pastoreo indican la dificultad con que los requerimientos son satisfechos, medidos en vacunos sobre pasturas tropicales con alta disponibilidad. La estructura del canopeo en estas pasturas es por lo tanto un importante factor que incide en la facilidad de prehensión del forraje (Stobbs, 1973).

Las variaciones en cualquiera de estas variables afectan 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 sin la ayuda de un modelo matemático. Los efectos de las variaciones en la altura y densidad de la pastura sobre el peso del bocado, son independientes y aditivos, tanto en ovinos como en bovinos (Galli et al., 1996).

La correlación entre el comportamiento ingestivo y algunas características de la pastura, indican una relación predecible que puede ser desarrollada entre estas variables, permitiendo la determinación de un óptimo de las condiciones de la pastura para mantener un alto nivel de nutrición animal (Olson et al., 1989).

Los patrones de respuesta en el comportamiento ingestivo a las variaciones en las características de la pastura parecen muy similares en vacas y ovejas (Jamieson y Hodgson, 1979) y entre animales de la misma especie difiriendo en la edad o el estado fisiológico. Sin embargo, hay evidencia que los patrones de respuesta pueden ser inestables en rumiantes jóvenes con poca experiencia en pastoreo (Hodgson, 1982a).

#### 2.6.1.1 Altura de la pastura

Allden y Whittaker (1970) mostraron que el tamaño de bocado incrementa linealmente con incrementos en el largo de macollos o la altura de las plantas. Stobbs (1973), Allison (1985) mostraron que la densidad de la pastura, el bajo contenido de tallo y la alta relación hoja/altura parecen ser el mayor factor que afecta el tamaño de bocado.

Los pseudotallos de macollos vegetativos son reconocidos como importantes barreras físicas en el consumo de forraje por parte del ganado sobre pasturas templadas. Los animales evitan pastorear en estratos menores a 10 cm, donde hay mayor presencia de pseudotallos, resultando en una mayor senescencia y material muerto (Arias et al., 1990).

Un tiempo de pastoreo que exceda las 8-9 horas diarias es probable que indique limitaciones en las condiciones de la pastura. En pasturas extremadamente bajas, el consumo por bocado, la tasa de consumo y el tiempo de pastoreo declinan juntas (Allden y Whittaker 1970, Hodgson 1990).

Debido a una compensación entre la profundidad y el área, al incrementar la altura de la pastura, el peso del bocado aumenta aún por encima de la altura crítica donde se alcanza el área máxima de bocado. Estos resultados resaltan el efecto dominante de la profundidad en la determinación del peso de bocado y las dificultades que el área de bocado puede presentar como variable de respuesta (Galli et al., 1996).

Cuando los animales son forzados a pastorear en estratos inferiores, la habilidad de pastoreo de los animales para mantener adecuados niveles de consumo de forraje depende de su habilidad de modificar su comportamiento en pastoreo en respuesta a cambios en las condiciones de la pastura (Jamieson y Hodgson, 1979).

Los animales toman mayor número bocados y gastan menos tiempo manipulando el forraje cuando la pastura es de un altura menor (Hodgson, 1985).

La altura y otras propiedades del tallo y la barrera del pseudotallo pueden ser modificadas por el manejo de pastoreo (Hodgson 1990, Ruyle et al., citados por Dougherty et al. 1992).

En pasturas templadas la tasa de bocados tiende a caer progresivamente con incrementos en la altura de la pastura por incrementos en la relación de manipulación de

los movimientos ingestivos mandibulares (Chamber et al., citados por Hodgson, 1982a).

El consumo es mayor en pasturas relativamente erectas en primavera que en rebrotes más bajos de verano y otoño a igual nivel de masa y digestibilidad (Jamieson y Hodgson, 1979), sugiriendo que este manejo o selección de pasturas de porte erecto puede tener una importante influencia en el consumo potencial (Hodgson, 1982a).

El peso de bocado en trébol refleja la altura de los parches seleccionados, y no se relaciona con la altura promedio de la pastura. Las diferencias en la distribución estadística de la altura de las muestras, combinadas por la selectividad animal, también puede explicar la diferencia en la relación entre peso de bocado y altura de la pastura (Penning et al., citados por Demment y Laca, 1993).

Debido a las limitantes morfológicas y de comportamiento, el comportamiento alimenticio y la tasa de consumo instantánea no deberían responder linealmente a las características de la pastura en el sitio de alimentación. Por lo tanto, si los animales no exhiben selectividad, la tasa de consumo instantánea promedio o el comportamiento no pueden ser exactamente predichos en base a las características de la pastura (Demment y Laca, 1993).

#### 2.6.1.2 Densidad de la pastura

En pasturas tropicales se encontró que la densidad de la hoja y la relación hoja/tallo tienen mayor influencia que la altura sobre el peso del bocado (Galli et al., 1996).

El área de bocado aumenta con la altura de la pastura hasta una altura crítica a partir de la cual se mantiene constante. Por lo tanto, los animales livianos tendrían un menor rango de variación, dado por su menor área de bocado. Esto podría explicar en alguna medida la falta de respuesta del área al aumento de altura encontrado en pasturas relativamente cortas y densas de raigrás y trébol blanco con novillos y toritos de 250 kg (Galli et al., 1996).

La tasa de ingestión está más correlacionada con la biomasa que con la densidad de la pastura. Estos resultados difieren de los encontrados por Stobbs y Hutton, citados por Olson et al. (1989), y pueden reflejar diferencias en la estructura de pasturas templadas y tropicales. Estas últimas están tipificadas por una mayor biomasa total que las templadas, pero con una menor masa de forraje y un mayor número de tallos (Stobbs, Whiteman, citados por Olson et al., 1989). Así la densidad de la pastura limita antes que la biomasa disponible en el comportamiento ingestivo en pasturas tropicales, mientras que lo opuesto ocurre en pasturas templadas.

En pasturas altas de baja densidad, los animales tratan de obtener un área de bocado tan grande como fuese posible. Dicha área está limitada por el tamaño de la boca y la máxima extensión de la lengua (Demment y Laca, 1993).

Los efectos de la altura y la densidad de la pastura, en las dimensiones del bocado, tienen efectos independientes en el peso del bocado (Burlison et al., citados por Demment y Laca, 1993). Por lo tanto, el peso del bocado no puede ser predicho únicamente en base a la masa de forraje, sino que ambas, altura de la pastura y densidad deben ser tenidas en cuenta.

#### 2.6.1.3 Relación hoja/tallo

La distribución del forraje en el canopeo, particularmente las hojas, puede influenciar la facilidad con que son removidas (Allison, 1985).

Stobbs, citado por Allison (1985) afirma que la fertilización nitrogenada en rebrote de pasturas incrementa el tamaño de bocado por una mayor producción de hoja ofrecida a los animales.

En pasturas de gramíneas en estado vegetativo, el bocado puede estar restringido al horizonte superior de láminas que se doblan por encima del pseudotallo, a nivel de la lígula. Entonces, el largo de la lámina, en vez de la altura total, sería la que influye en el área de bocado. Por lo tanto, aunque se considere que el pseudotallo no es una barrera a la profundización, es un aspecto que debe tenerse en cuenta para la estimación del peso del bocado, ya que puede afectar el área de éste (Galli et al., 1996).

Siempre que los animales fueron capaces de percibir la heterogeneidad, la activa selección requiere de la habilidad de seleccionar a una escala apropiada. Los vacunos son capaces de discriminar hojas y tallos en una pastura heterogénea, pero no son capaces de comer hojas sin comer tallos. El ganado incrementa el % de tallos de baja calidad en sus dietas cuando la asignación de forraje y calidad decrecen (Chacon y Stobbs, citados por Demment y Laca, 1993). Los animales serían incapaces de percibir hojas y tallos como opciones separadas cuando se vuelven intercaladas, o ellos podrían ser físicamente incapaces de seleccionar hojas sin tallos. Alternativamente, si solamente seleccionaran hojas el consumo de energía y nutrientes sería insuficiente por lo que han aceptado comer tallos (Demment y Laca, 1993).

## 2.7 RESPUESTA ANIMAL AL MANEJO EN PASTOREO

### 2.7.1 Asignación de forraje

La respuesta en comportamiento ingestivo puede ser dividida en tres zonas: en el rango más alto de disponibilidad de forraje, donde la tasa de consumo en corto plazo y el tiempo de pastoreo diario no son afectadas por la disponibilidad. En el rango medio de disponibilidad, donde la tasa de consumo a corto plazo disminuye y el tiempo de pastoreo diario incrementa como forma de compensar en respuesta a la disminución de la masa de forraje. En el rango de baja disponibilidad, donde el tiempo diario de

pastoreo no puede complementar totalmente, por lo tanto declina la tasa de consumo en el corto plazo (Allden y Whittaker, 1970).

A iguales asignaciones de forraje, el área por animal es menor en pasturas más altas que en más bajas a igual densidad, entonces la tasa en que la pastura con mayor altura es consumida será mayor, con un descenso más rápido en su altura (Allden y Whittaker 1970, Hodgson 1990).

La carga ha sido definida como el factor más importante en determinar el desempeño global de los sistemas pastoriles, incluyendo la productividad, sustentabilidad, y la composición de la vegetación (Allen, 2014).

El consumo o el desempeño animal incrementan a tasas decrecientes con incrementos en la asignación, usualmente alcanzando un plateau con asignaciones de 10 a 12% del peso vivo animal. Ya que esta asignación es entre 2 a 3 veces el máximo consumo diario por animal, implica inevitables pérdidas sustanciales de forraje (Hodgson, 1990).

Según Hodgson (1990) el consumo de forraje declina marcadamente cuando la asignación de forraje es menor a dos veces el consumo, pero no apoya la idea de que el consumo se aproxima al máximo cuando la asignación es 3 a 4 veces mayor al consumo. Esta última tendencia puede explicarse cuando respuestas de saciedad, tasas de pasaje y tiempo de pastoreo están involucrados (Dougherty et al., 1992).

Con limitaciones en la asignación de forraje, la tasa de consumo y la utilización del forraje asignado pueden incrementar con aumentos en la densidad del horizonte de la pastura (Dougherty et al., 1992).

Cuando hay exceso de forraje con respecto a la demanda animal y heterogeneidad en calidad o palatabilidad los animales tienen oportunidad de seleccionar cosechando algunas áreas y rechazando otras. Como resultado, en el tapiz se desarrollan manchones de alta cantidad y baja calidad, y manchones de baja cantidad y alta calidad, y el animal volverá a seleccionar los manchones ya pastoreados. Los manchones de alta cantidad serán subpastoreados. En este caso el comportamiento selectivo es por calidad de forraje, y tiende a acentuar el manchoneo (Galli et al., 1996).

Aumentos en la asignación determinaran aumentos en calidad (mayor selección) y cantidad de forraje consumido (Greenhalgh, citado por Allison et al., 1981).

En muchas pasturas naturales, la calidad del forraje declina cuando la cantidad del forraje incrementa debido al crecimiento durante la estación. Sin embargo, parches que son pastoreados mantienen a la pastura en un estado vegetativo por la baja masa de forraje de mayor calidad que los parches con más forraje. Debido a que los rumiantes tienen limitada tasa de pasaje y digestión, ellos eligen dietas o parches en que la tasa de cosecha sea igual a la tasa de digestión (Laca, 2008).

La tasa de consumo tiende a caer progresivamente con incrementos en la intensidad de selección, entonces pastoreos selectivos no necesariamente resultan en mayores niveles de consumo de nutrientes (Hodgson, 1990).

Como regla, cuando se incrementa la intensidad de pastoreo desde un punto en que el forraje no limita el consumo, el ganado tiene menos chance de seleccionar en la pasturas porque incrementa la tasa de remoción de especies y partes de plantas preferidas. Cuando la intensidad de pastoreo aumenta, los kilos de carne/ha incrementan, pero las ganancias individuales disminuyen (Allison, 1985).

Gordon, citado por Allison et al. (1981) establecieron que a medida que aumenta la presión de pastoreo, los animales consumen más del forraje asignado.

En pasturas que ofrecen bocados pequeños el tiempo de búsqueda sería limitante, mientras que en aquellas que ofrecen bocados más pesados lo sería el tiempo de masticación (Galli et al., 1996). Pasturas con una baja densidad de forraje la masticación se ve sacrificada para mantener la tasa de bocado, y así el consumo. La masticación es menos efectiva que la rumia, porque obstaculiza el mantenimiento de un alto consumo en forrajes poco densos (Demment y Greenwood, 1988).

Dentro y entre grupos, animales con alto desempeño tienden a ser aquellos con mayor nivel de consumo, aunque esto no es fácil de decidir si altos consumos es causa o consecuencia del alto desempeño (Hodgson, 1990).

A mayor biomasa disponible, la tasa de ingestión incrementa, mientras que la tasa de bocados y el tiempo de pastoreo decrecen (Olson et al., 1989).

El consumo y la productividad responden a la cantidad y calidad de forraje en una curva cóncava con retornos decrecientes. Esto implica que, sin considerar la selectividad, el consumo y la productividad deberían ser menor en un ambiente heterogéneo que en uno homogéneo y con las mismas características. Mediante la selección de los mejores parches pueden compensar parcialmente el efecto de la heterogeneidad. Además, la compensación puede tomar lugar si los animales cambian su comportamiento a una escala local en respuesta a las condiciones globales, por ejemplo por el aumento en el número de bocados en la estación de alimentación en respuesta a la reducción en la cantidad promedio del forraje disponible por unidad de área (Allen, 2014).

Debido a las limitaciones morfológicas y de comportamiento, y la habilidad de los herbívoros, la relación funcional entre tasa de consumo y el forraje disponible parece ser dictado por la dinámica de la tasa de consumo a una pequeña escala de parches (Spalinger y Hobbs, citados por Demment y Laca, 1993).

La intensidad de pastoreo resulta en la principal determinante de las variables morfogénicas caracterizadas por el tamaño de la hoja y la densidad de macollos y en

consecuencia el IAF promedio de la pastura. Las características morfológicas y estructurales de la pastura son dependientes de la disponibilidad de nitrógeno pero este interacciona de forma determinante con la intensidad de pastoreo. El comportamiento ingestivo de los animales indica el status nutricional de los mismos (Nabinger y de Faccio Carvalho, 2009).

Cuando la intensidad de pastoreo es elevada y la altura es baja, los animales pastorean a un ritmo acelerado, por más tiempo, caminan más y de forma más rápida, realizando un menor número de comidas pero de mayor duración. Ofertas de forraje muy elevadas también pueden restringir la ingestión diaria. El intervalo de tiempo entre dos bocados sucesivos aumenta considerablemente cuando la altura del pasto se presenta muy alta y con elevada dispersión de hojas en la parte superior de la pastura. En consecuencia, la velocidad de ingestión es restringida por el aumento de movimientos mandibulares para manipulación del forraje cosechado. Estudios en campo natural indican que la altura del estrato inferior que optimiza el tamaño del bocado y por ende la ingestión diaria es alrededor de 12 cm para bovinos y de 9 cm para ovinos (Nabinger y de Faccio Carvalho, 2009).

La disponibilidad global de forraje y la estructura general de la pastura, resultante de la integración de las características de cada grupo funcional de plantas, determina el comportamiento ingestivo, caracterizado por la profundidad del bocado, por la tasa de bocados, por el tiempo de búsqueda y prehensión del forraje y por el tiempo diario en pastoreo. Esas características, asociadas con la calidad de la dieta ingerida, dependiente de la composición botánica de los diferentes grupos y de la oferta de forraje, determinan el desempeño animal individual, el cual, multiplicado por el número de animales determina la producción por área (Nabinger y de Faccio Carvalho, 2009).

Para una masa de forraje de 2500 kg/ha de MS la masa de bocado de novillos puede variar de aproximadamente 0,5 g a casi 3,0 g/bocado, en pasturas donde la estructura variaba en densidades entre 700 a 5900 g/m<sup>3</sup> respectivamente (Demment y Laca, 1993).

Se ha asociado la disminución de la ganancia individual por animal en ofertas de forraje por encima del óptimo con la disminución de la calidad del forraje, fruto de la baja eficiencia de utilización de la pastura, la acumulación de material senescente y el aumento en la cobertura de matas. Los resultados apuntan a que la disminución del desempeño animal también pueda ser fruto de una disminución del consumo, a medida que el forraje se torna cada vez más disperso en el espacio, entremezclado con materiales senescentes, lo que aumentaría el tiempo necesario de realización de cada bocado (Carvalho et al., 2000).

La profundidad del bocado es la variable del comportamiento ingestivo que más se correlaciona con las variables estructurales del campo natural y la que mejor explica

las variaciones en la masa del bocado. Para optimizar el consumo en campo natural la altura del pasto debe ser mantenida entre 9,5 y 11,4 cm, con una asignación de 12 kg de MS cada 100 kg de PV, manteniendo la cobertura de matas por debajo del 30% (Goncalves et al. 2009, Carvalho et al. 2009).

El mayor tiempo de pastoreo es registrado cuando la masa y altura del forraje son menores a 1000 kg /ha de MS y 5,8 cm, y por encima de 2300 kg /ha de MS y 13,8 cm respectivamente (Carvalho et al., 2011).

### 2.7.2 Fertilización nitrogenada

La aplicación de fertilizantes generalmente se traduce en un aumento en la producción de forraje, el que debe ser consumido por el ganado para que se refleje en un aumento en la producción animal. Si la carga no acompaña ese incremento en la producción de forraje, no pueden esperarse grandes respuestas en producción animal ya que, en ese caso, un alto % del forraje producido entra en senescencia antes que los animales lo consuman. Solamente en los casos en que el valor nutritivo del forraje mejora, como ocurre cuando se fertilizan con N algunas pasturas tropicales deficientes en proteínas, podría esperarse alguna respuesta, aún sin aumentar la carga (Galli et al., 1996).

Boggiano (2000) afirma que aumentos en los niveles de nitrógeno determinan aumentos en la densidad de macollos, reducen el número de hojas expandidas y aumenta la longitud media de las láminas. Estas características en conjunto, materializan arquitecturas de pasturas más erectas y de láminas mayores, tallos más altos, que facilitan la cosecha de forraje por los animales y contribuyen a formar bocados mayores. Además, el agregado de N determina un rebrote más rápido, alcanzando rápidamente el IAF óptimo de la pastura (Zanoniani et al., 2011).

Bemhaja (1994), Lorenz y Rogler, citados por Boggiano (2000), relatan modificaciones en la distribución vertical de la masa de forraje en respuesta a la abundancia de nitrógeno, reflejándose en la facilidad de cosecha para los animales. Bemhaja (1994) asegura que la biomasa aérea de las pasturas fertilizadas con nitrógeno es mayor en primavera, con diferencias significativas en relación a un campo natural en el vigor (tamaño y peso de macollos) y condición de las plantas (aumento en el número de macollos, largo y ancho de lámina y número de inflorescencias).

Ayala y Carámbula (1994) aseguran que el efecto fundamental del fertilizante es producir más materia seca, ya que desde el punto de vista de la calidad del forraje la aplicación de N, así como también de P y K, no afecta en general la digestibilidad del campo natural, aunque observaron una tendencia favorable en los tratamientos que incluyen nitrógeno.

También observaron que el agregado de N permite alcanzar porcentajes

mayores de proteína cruda en la pastura, siendo mayor en el invierno y otoño, mientras que en primavera y verano, los porcentajes de proteína ofrecida son más bajos. En relación a la fracción fibra detergente ácida no registraron efectos significativos frente al agregado de los distintos nutrientes (Ayala y Carámbula, 1994).

Sin embargo, elevados niveles de fertilización (más de 100 kg/ha de N) llevan a una disminución de la diversidad florística y a una dominancia de plantas más sensibles, por ejemplo, a la sequía, lo que puede ser un desastre en la ocurrencia de deficiencias hídricas prolongadas (Nabinger y de Faccio Carvalho, 2009).

### 2.7.3 Mejoramientos extensivos

La estrategia de este tipo de mejoramientos consiste en utilizar al máximo la pastura natural como soporte principal, siendo complementada por la inclusión en el tapiz de especies forrajeras cultivadas. Esta sociedad de especies conduce a un mejor aprovechamiento del medio ambiente y en consecuencia a alcanzar producciones de materia seca que fácilmente duplican y triplican la del campo natural (Carámbula, 1996). Además, Bemhaja (1998) asegura que en primavera el porcentaje de proteína cruda de un mejoramiento extensivo duplica al del campo natural (9%) y aumenta de 3 a 5 puntos a fines de verano.

Carámbula (1996) afirma que el mayor potencial nutritivo de las leguminosas sobre las gramíneas se debe a una menor concentración de paredes celulares, una mayor densidad del líquido celular, una digestión más rápida de la materia seca, y por consiguiente un menor tiempo de retención de la ingesta, lo que conduce, precisamente, a un mayor consumo.

Esto determina que el máximo consumo de leguminosas se obtiene a valores más bajos de disponibilidad de forraje que aquellos de gramíneas, asociado a dos factores: la mayor tasa de consumo y consumo por bocado logrado por animales sobre leguminosas en comparación con gramíneas y al mayor consumo de leguminosas que de gramíneas ligado a la mayor tasa de pasaje en el rumen de las leguminosas Montossi et al. (1995).

El pasaje de la ingesta por el tracto digestivo, y en especial por el rumen, depende de la composición química y estructural del forraje (Thornton y Minson, citados por Carámbula, 1996). Por lo tanto, el tiempo de retención, o sea, el tiempo que lleva a la desaparición de la ingesta por digestión, es variable con el forraje en cuestión. Así, mientras en trébol blanco esto sucede en 6 horas, en raigrás lleva 12 horas y en pajas 30 horas (Poppi et al., citados por Carámbula, 1996).

De acuerdo con Holmes, citado por Carámbula (1996), cuando dominan las gramíneas, el consumo es de 2,4 a 2,6% del peso vivo, mientras que con leguminosas, este puede alcanzar 3,0%. Este comportamiento confirma una vez más que la inclusión

de leguminosas puede conferir grandes beneficios en el desempeño animal, siempre que se pueda controlar o minimizar el meteorismo.

#### 2.7.4 Método de pastoreo

Una importante característica de los pastoreos de corta duración es el efecto postulado de la rápida rotación de la calidad de la dieta. Este supuesto permite a los animales maximizar la selectividad y el rebrote de las plantas durante el período de descanso, proporcionando forraje joven y altamente nutritivo para los siguientes períodos de pastoreo. Así, la nutrición animal y la performance resultante bajo cortos períodos de pastoreo son hipotetizadas a ser mejores que bajo sistemas de pastoreo tradicional (Kothmann, Savory, citados por Olson et al., 1989). Sin embargo bajo una alta carga en pastoreos de corta duración puede cambiar rápidamente las características de la pastura. Por ejemplo, Heitschmidt et al., citados por Olson et al. (1989) reportaron diferencias significativas en cuanto a la proteína cruda del forraje disponible antes y después del pastoreo de corta duración. Así la respuesta en la nutrición animal, en términos de calidad de la dieta, comportamiento ingestivo, y consumo de forraje también pueden fluctuar en respuesta a estos cambios.

La habilidad de los animales de mantener una alta selectividad de forraje de alta calidad decrece rápidamente durante un corto período de tiempo bajo un sistema de corta duración del pastoreo (Olson et al., 1989).

Cuando los animales están restringidos a un área limitada y pastorean por un corto período de tiempo, raramente hojas o macollas individuales serán completamente defoliadas por un único bocado. Más bien la pastura es consumida en una serie de pasos por lo que las macollas serán pastoreadas en varias ocasiones en el curso del día (Hodgson, 1985).

Las chances de defoliación son incluso mayores para dos hojas jóvenes en una macolla que para cualquier hoja vieja, simplemente como consecuencia de su posición en el canopeo de la pastura (Hodgson, 1985). Estos resultados difieren con los reportados por Jamieson y Hodgson (1979), que encontraron que el tamaño de bocado, tasa de bocados, tiempo de pastoreo y consumo de forraje diario, disminuyeron con la disminución del forraje disponible bajo un sistema de pastoreo rotacional intensivo (pastoreo en franja). Ellos concluyeron que animales no pueden incrementar la tasa de consumo o el tiempo de pastoreo, bajo pastoreo en franja como en pastoreo continuo, porque los animales anticipaban el movimiento a una nueva franja (Olson et al., 1989).

Debido a la reducción de la masticación, los novillos son capaces de comer más rápido cuando el tiempo de pastoreo es restrictivo, que cuando tienen libre acceso al forraje. Así, uno podría concluir que no maximizan la tasa de consumo cuando tienen libre acceso al forraje. Un sistema rotativo puede promover homogeneidad dentro de potreros y heterogeneidad entre potreros, mientras que lo opuesto puede ser válido para

pastoreo continuo (Allen, 2014).

El ritmo del período de descanso de la pastura puede ser tan importante como el ritmo de pastoreo ya que los beneficios del descanso no pueden ser realizados si se toma lugar durante el tiempo en que el estado fenológico de las plantas es incapaz de crecer o las condiciones ambientales son limitantes para el crecimiento. Así, ritmos oportunos de pastoreo y descanso basado en los patrones del clima dentro de la estación y en la fenología de especies de plantas puede tener efectos en la composición botánica y productividad de pasturas (Laca, 2009).

En pasturas manejadas en forma rotativa, la altura de la misma puede ser utilizada como una primera aproximación para definir la respuesta animal. Una descripción del forraje remanente luego de un pastoreo puede ser utilizado para evaluar el impacto de la performance animal bajo sistemas rotativos de pastoreo (Hodgson, 1990). Debe haber una mejora en la condición del forraje y consecuentemente en la capacidad de carga para justificar un sistema rotativo usando la producción de carne como criterio (Allison, 1985).

Hart et al., citados por Allison (1985) encontraron que ganancias medias diarias para novillos fueron correlacionadas negativa y fuertemente con la presión de pastoreo, siendo más suave bajo pastoreo continuo y más fuerte en pastoreo rotativo.

## 2.8 HIPÓTESIS BIOLÓGICAS

La hipótesis principal es que las modificaciones en la composición y estructura del campo natural como consecuencia de las intervenciones (fertilización y mejoramientos) provocan modificaciones en el comportamiento en pastoreo, que se refleja en las ganancias individuales.

Los animales sobre pasturas mejoradas con la siembra de leguminosas y fertilizado y/o fertilización tendrán un tiempo de pastoreo diario menor que en campo natural. Los animales pueden cosechar mayor volumen de forraje por bocado, por lo que los requerimientos son satisfechos en menos tiempo en relación al campo natural.

Asociado a un menor tiempo de pastoreo, el tiempo de búsqueda de forraje será mayor en el campo mejorado con leguminosas y/o fertilización debido a la mayor selección animal, lo que implicaría una menor tasa de bocados. A su vez, el tiempo destinado a la rumia será menor.

La tasa de bocados se espera que sea mayor en campo natural, asociado a la menor disponibilidad y calidad de la pastura.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO DE EVALUACIÓN

El estudio fue llevado a cabo en la Estación Experimental “Mario A. Cassinoni” perteneciente a la Facultad de Agronomía (UdelaR), ubicada en el km 363 la ruta nacional No. 3 “General Artigas”, departamento de Paysandú (latitud: 32°23′55,67″S y longitud: 58°2′42,34″ O), en un área de 7,8 ha del potrero No. 18. El período de evaluación fue desde el 15/10/2014 al 22/12/2014, con un período previo de acostumbamiento de los animales de 25 días y entrenamiento de las técnicas a utilizar.

#### 3.2 DESCRIPCIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL

El sitio experimental es un campo natural virgen, con vegetación de parque, donde en el estrato bajo predominan especies de la familia Poaceae, principalmente de ciclo estival (C4) y en menor grado por invernales (C3). Especies pertenecientes a familias tales como Asteraceae y Fabaceae se encuentran asociadas.

##### 3.2.1 Suelos dominantes y asociados

Los suelos del área experimental corresponden a la Unidad de Suelos San Manuel (Altamirano et al., 1976) desarrollado sobre lodolitas de la formación Fray Bentos (Bossi, 1969).

La composición porcentual de los suelos del área donde se desarrolló el estudio es Litosoles 28%, Solonetz 26 %, Planosoles 23% y Brunosoles 22 % (mapa de suelos de la EEMAC).

##### 3.2.2 Vegetación

La vegetación está representada principalmente por *Axonopus affinis*, *Bothriochloa laguroides*, *Bromus auleticus*, *Coelorhachis selloana*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Paspalum quadrifarium*, *Piptochaetium stipoides* y *Stipa setigera*. En este estrato bajo se asocian leguminosas: *Adesmia bicolor*, *Desmodium incanum*, *Medicago lupulina* y *Trifolium polymorphum*. El estrato medio son mayoritariamente arbustos y subarbustos representados por: *Baccharis coridifolia*, *Baccharis punctulata*, *Baccharis spicata*, *Eupatorium buniifolium* y *Eryngium horridum*. Las especies arbóreas *Acacia caven*, *Gleditsia triacanthos* y *Prosopis affinis* conforman el estrato alto.

#### 3.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS E ÍNDICE DE TEMPERATURA-HUMEDAD (ITH)

Los promedios históricos (1980-2009) para precipitación anual y temperatura del aire para la localidad de Paysandú son de 1238 mm y 18,1°C respectivamente (Castaño et al., 2010). Para el cálculo del ITH se utilizaron los registros de temperatura

media y humedad relativa de la estación agrometeorológica automática de la EEMAC, registrados cada 30 minutos. El ITH (THI, NOAA, 1976) fue calculado cada 30 minutos durante los períodos de registro de comportamiento animal con la siguiente ecuación:  $ITH = (1,8T + 32) - [(0,55 - 0,0055RH) \times (1,8T - 26)]$ ; donde T es temperatura (°C) y RH es humedad relativa (%). Los valores son comparados con Livestock Weather Safety Index (Normal: <74, Alerta: 75-78, Riesgo: 79-83, Emergencia: >84) (Johnson, 1994).

### 3.4 TRATAMIENTOS Y SUPERFICIE DE LAS PARCELAS

Los tratamientos son: 1) testigo (CN) sin intervenciones, 2) (60) aplicación de 60 kg/ha de nitrógeno más 40 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 3) (120) aplicación de 120 kg/ha de nitrógeno más 40 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 4) (CNM) siembra en cobertura de 6 kg/ha de *Trifolium pratense* y 6 kg/ha de *Lotus tenuis* más la aplicación de 40 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Las parcelas fueron dispuestas en cuatro bloques, figura 1, definidos de acuerdo a la posición topográfica. El área promedio de las parcelas de los tratamientos CN y CNM es de 0,72 ha mientras que los tratamientos de 60 y 120 kg N/ha es de 0,26 ha.

### 3.5 ANIMALES EXPERIMENTALES

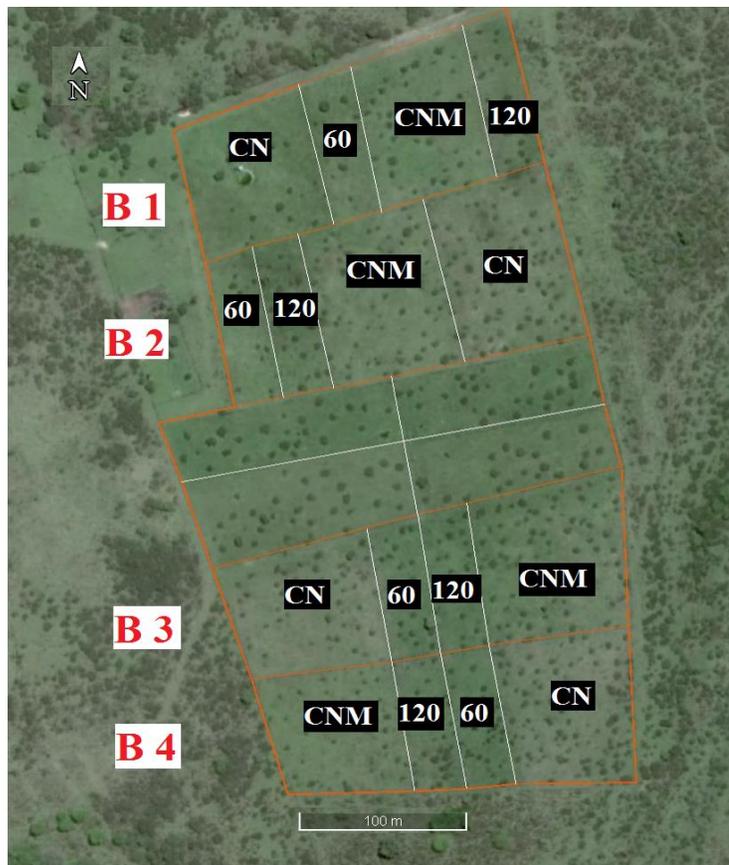
Los animales utilizados fueron 28 novillos de la raza holando con edades de 6 a 20 meses y peso vivo inicial promedio de  $180 \pm 22$  kg. Los animales fueron asignados al azar a los diferentes tratamientos, tratando de mantener similar oferta de forraje (kgMS/100kgPV) en los tratamientos de CN y CNM, 60 y 120 kg/ha de N respectivamente. Se realizó el control de ecto y endoparásitos a todos los animales.

Los tratamientos CN y CNM se trabajaron con una dotación de nueve animales/parcela, mientras que los tratamientos de 60 kg y 120 kg con 5 animales/parcela, tomando 4 animales por tratamiento como tester.

### 3.6 FERTILIZACIÓN Y SIEMBRA

La fecha de siembra y aplicación de los fertilizantes fue el 9 de setiembre de 2014. La fertilización nitrogenada fue realizada con urea (0-46-46-0), aplicando la mitad de la dosis del tratamiento, correspondiente al período de fin de invierno. Es decir al momento de desarrollarse el trabajo las parcelas fueron fertilizadas con la mitad de la dosis, (30 y 60 para los tratamientos de 60 y 120 kg/ha de N respectivamente). El fertilizante fosfatado fue el superconcentrado nitrogenado con formulación 7-40-40-0 +4% S, fertilizándose con la dosis en una única aplicación.

Figura 1. Disposición de bloques y tratamientos del sitio experimental.



### 3.7 DETERMINACIONES

Las mediciones se realizaron en forma simultánea en las parcelas de los bloques 1 y 3 al momento de ingreso y salida de los animales. Las diferentes actividades fueron registradas los días 14 y 23 de octubre, 10, 17 y 28 de noviembre y 5, 13 y 22 de diciembre. Los animales se mantuvieron en las parcelas durante 7-12 días, ajustados a una oferta de forraje entre 6 y 13% del peso vivo.

En el estudio de comportamiento ingestivo animal y como forma de agrupar los datos se trabajó con la información separada en dos períodos. Período 1 corresponde a las mediciones del 14 y 23 de octubre, y 10 y 17 de noviembre, mientras que el período 2 corresponde al 28 de noviembre y 5 de diciembre, y a los días 13 y 22 de diciembre.

### 3.7.1 Actividades registradas

#### 3.7.1.1 Registro de actividad animal

Las determinaciones comenzaron a las 06:00 y finalizaron a las 19:30, realizándose cada 10 minutos (Santana Junior et al., 2014), discriminándose 5 actividades: pastoreo efectivo (Pe), pastoreo búsqueda (Pb), rumia (R), descanso (D) y agua (A). El registro de actividades se realiza en forma simultánea en las cuatro parcelas dentro del bloque. Se asume que el animal permanece en la misma actividad entre dos mediciones consecutivas. La información que se reporta corresponde a la proporción del tiempo de observación que el animal destina a cada actividad.

#### 3.7.1.2 Zonas en la parcela y valor pastoral de los cuadrantes

En las parcelas más grandes CN y CNM se definen 4 cuadrantes de igual tamaño registrándose las actividades de los animales en cada uno de ellos.

A partir del valor pastoral para las comunidades vegetales según tipo de suelo en el sitio experimental<sup>1</sup>, se calculó el valor pastoral asociado a cada cuadrante por medio de la carta de suelos de la EEMAC. Este valor corresponde a la sumatoria de los valores pastorales de la pastura determinada por cada tipo de suelo ponderada por su frecuencia relativa dentro del cuadrante.

#### 3.7.1.3 Tasa de bocados

Se determina a través del tiempo destinado por los animales tester en realizar 60 bocados. Si el tiempo transcurrido entre bocado y bocado es superior a los 15 segundos se anula la medición y se inicia nuevamente (Balocchi et al., 2002). Al igual que todos los registros de comportamiento, es realizado el día posterior a la entrada de los animales y el día previo a la salida de las parcelas. El tiempo objetivo entre momentos de observación para determinar la tasa de bocados es de 2 horas<sup>2</sup>, sin embargo, muchas veces el intervalo entre mediciones no es cada dos horas ya que los animales no siempre presentan actividad de pastoreo.

#### 3.7.1.4 Muestreo de la pastura por simulación de pastoreo (hand plucking)

Esta metodología trata de muestrear el alimento que los animales consumen mediante la toma de muestras de la pastura, simulando la cosechada por el animal

---

<sup>1</sup> Cejas, V. 2016. Caracterización de la composición botánica de un campo natural bajo diferentes alternativas de intervención. Tesis. Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. (sin publicar).

<sup>2</sup> Beretta, V. 2014. Com. personal.

(Moseley y Moseley, 1993). Estos muestreos fueron realizados en la mañana y tarde, al momento de entrada y salida de los animales de las parcelas.

#### 3.7.1.5 Altura de la pastura

Se midió la altura de la pastura (cm), considerando la altura de la hoja verde más alta que contacta con la regla, al momento de ingreso y salida de los animales a la parcela. Se realizan 50 lecturas de altura con regla, mediante muestreo sistemático, en los tratamientos 60 y 120 y 100 lecturas en los tratamientos CN y CNM, resultando en una densidad de muestreo de 200 y 130 lecturas por hectárea respectivamente.

Para caracterizar la pastura en su variabilidad horizontal se utilizaron los coeficientes de asimetría de Pearson y Bowley<sup>3</sup>.

#### 3.7.1.6 Masa de forraje

A través de la ecuación de regresión<sup>4</sup>, se calculó la masa de forraje al momento de inicio y salida de los animales a la parcela. La ecuación de regresión para todos los tratamientos es  $y = 146x + 307$  con un  $r^2 = 0,75$ .

#### 3.7.2 Producción animal individual

Para evaluar el desempeño animal se realizaron pesadas a cada uno de los animales cada 20-25 días. Previo a la pesada se realizó un ayuno mínimo de 8 horas con el fin de lograr una mayor precisión en el peso de los animales. El registro de pesos se realizó utilizando balanza electrónica.

### 3.8 ANÁLISIS DE DATOS

#### 3.8.1 Diseño experimental

El diseño fue de bloques completos al azar, con 2 repeticiones. Los tratamientos consistieron en CN, CNM, 60 y 120.

Las variables medidas fueron pastoreo efectivo (Pe), pastoreo búsqueda (Pb), rumia (R), descanso (D) y agua (A) asociadas la rutina diaria animal. También se midieron otras variables relacionadas al comportamiento ingestivo como son los bocados totales por día (bocados totales) y la tasa de bocados por minuto (TBM). Por último, se analizan las variables asociadas a la calidad de la dieta ingerida a través de la simulación de pastoreo, determinando el contenido de proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina (Lig).

---

<sup>3</sup> Cadenazzi, M. 2015. Com. personal.

<sup>4</sup> André, M. 2015. Com. personal

Las mediciones fueron realizadas a la entrada y salida de los animales en cada parcela y en 4 momentos de la estación.

### 3.8.2 Análisis de datos

Modelo 1: modelo mixto que consideró los tratamientos como efectos fijos y los bloques como efectos aleatorios. Las medidas realizadas en las mismas parcelas en los diferentes momentos de muestreo fueron incorporadas al modelo como medidas repetidas en el tiempo. En este caso fueron estudiados tres modelos de autocorrelación temporal: auto regresivo de orden 1 (AR (1)); simétrico compuesto (CS) y sin estructura (UN) (Littell et al., 2000). En la mayoría de los casos el modelo con mejor ajuste fue el CS, por lo que fue el elegido para todos los ajustes. El modelo UN no consiguió converger en algunas variables.

Además, fueron integradas al modelo covariables que describieron características de la pastura, del animal y del ambiente en forma parcial. Así se integraron al modelo las covariables para la pastura (altura, desvío estándar de altura, oferta de forraje), de los animales (edad, peso vivo) y para el ambiente (ITH).

El modelo general considerado fue:

$$y_{ij(kl)} = \mu + \tau_i + \beta_j + \beta_k(x_{ik} - \bar{x}_{ik}) + \varepsilon_{ij(kl)}$$

Donde:

$y_{ij(kl)}$            Corresponde a cada medida realizada en espacio y tiempo

$\mu$                    Media general

$\tau_i$                  Efecto relativo del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$                  Efecto relativo del j-ésimo bloque

$\beta_k(x_{ik} - \bar{x}_{ik})$  Efecto de las covariables incluidas en el modelo

$\varepsilon_{ij(kl)}$            Error experimental con la estructura de covarianza CS modelada a través del tiempo

Modelo 2: los datos relevados fueron analizados mediante análisis de la varianza según el modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + T_i + MD_k + TMD_{ikt} + \epsilon_{ijk}$$

Considerando un arreglo factorial entre los distintos tratamientos y las mediciones en el día, el modelo ajustado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + T_i + MD_k + (TxMD)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$	Corresponde a cada medida realizada en espacio y tiempo
$\mu$	Media general
$\tau_i$	Efecto relativo del i-ésimo tratamiento
$\beta_j$	Efecto relativo del j-ésimo bloque
$MD_k$	Efecto relativo del momento del día
$TxMD_{ik}$	Interacción entre tratamiento y momento del día
$\epsilon_{ij(kl)}$	Error experimental

Dicho modelo se ajustó para datos de entrada y salida y para los 2 períodos.

Para el cálculo de la ganancia media diaria se realizó un análisis de covarianza, con el peso al inicio del experimento y la edad de los animales.

Para el análisis del valor pastoral y para la localización se realizó un análisis de varianza entre los tratamientos y el valor pastoral de cada uno, ponderado por los valores pastorales de los cuadrantes de cada tratamiento. Además, se realizó un análisis de correlación entre el tiempo de pastoreo y el valor pastoral.

En todos los casos necesarios fue utilizado el test de TUKEY al 10% para comparación de medias.

Hipótesis estadísticas:

Ho:  $T_a = T_b = T_c = T_d = 0$

Ho: no hay efecto de las intervenciones en las variables de comportamiento

Ha: Al menos un tratamiento presenta respuestas diferentes.

Ha:  $T_a \neq T_b \neq T_c \neq T_d$

Ho: no hay efecto de las intervenciones en las características químicas del forraje cosechado

Ha: al menos un tratamiento presenta respuestas diferentes en las características químicas del forraje cosechado.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

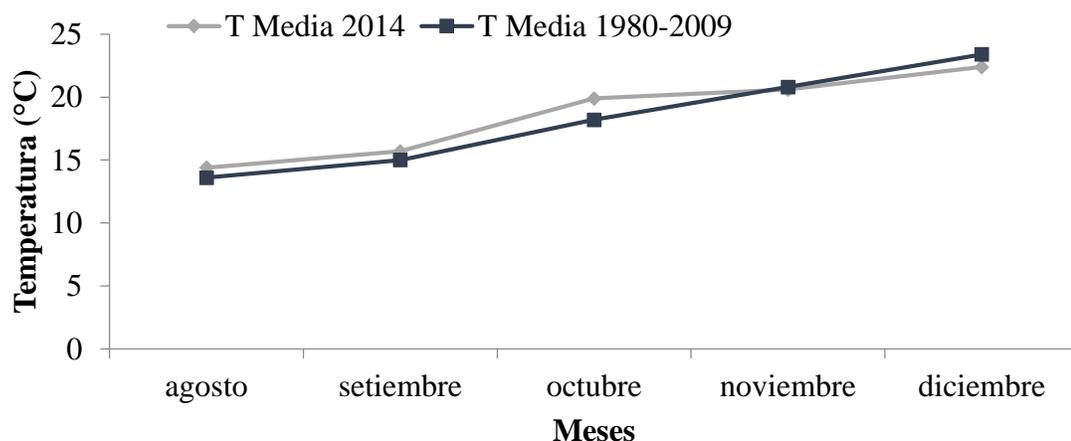
#### 4.1.1 Temperatura

A través de los datos proporcionados por la estación meteorológica de la EEMAC y la serie histórica 1980-2009 (Castaño et al., 2010), se realizó un análisis comparativo de la temperatura media mensual para el año 2014 respecto a la temperatura media mensual para la serie histórica 1980-2009.

De acuerdo a la información presentada en la figura 2, se puede apreciar que entre agosto y diciembre de 2014 los valores de temperatura media no sufrieron grandes variaciones respecto a los valores históricos para la localidad de Paysandú, a no ser para el mes de octubre, en el cual se registró un aumento en la temperatura media mensual de 1,7 °C.

Haciendo referencia al período de muestreo, que comprende desde mediados de octubre hasta finales de diciembre, se puede afirmar que la temperatura media para ese período se ha comportado en valores muy próximos a los históricos para la localidad de Paysandú. Como se mencionó anteriormente, el mes de octubre ha sido el mes que presentó mayor variación respecto a los otros meses del período, pero su variación en cuanto a temperatura media respecto a la media histórica fue bajo, pudiendo afirmar que los valores de temperatura media durante la estación de muestreo fueron normales.

Figura 2. Registro de temperaturas medias en (°C) para el año 2014, comparadas con la media histórica 1980-2009.



#### 4.1.2 Precipitaciones

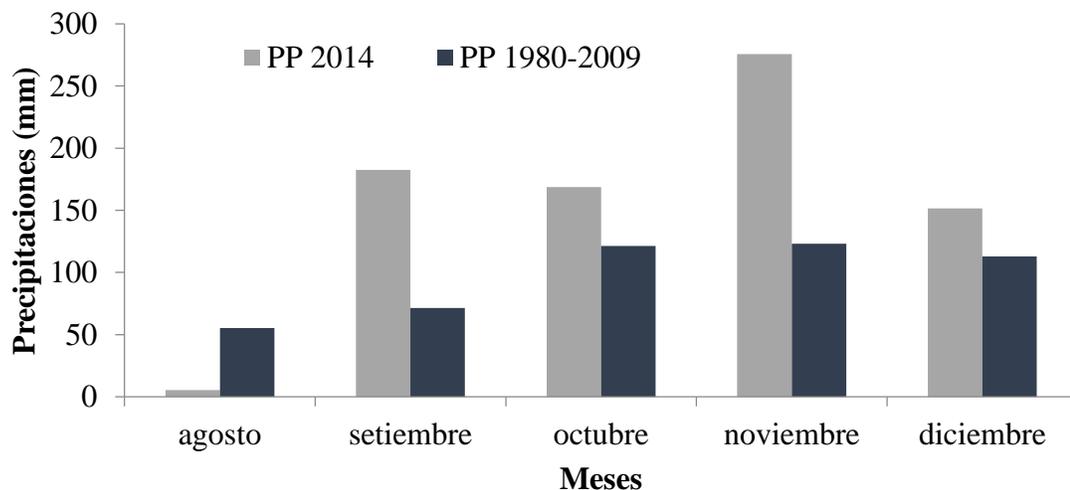
Al igual que la temperatura, los registros de precipitaciones se obtuvieron a través de la estación meteorológica de la EEMAC y la serie histórica elaborada por Castaño et al. (2010) para la localidad de Paysandú.

En cuanto a las precipitaciones, el año 2014 presentó un aumento de 759 mm anuales por encima de la media de la serie histórica 1980-2009 (1998 mm vs. 1239 mm).

En la figura 3 que aparece a continuación se puede observar que entre los meses de agosto y diciembre, las precipitaciones fueron superiores al promedio histórico (1980-2009), salvo en el mes de agosto.

En cuanto al período que corresponde a nuestra estación de muestreo, un tercio del aumento en el volumen anual se produjo en esta estación, con un valor de 239 mm por encima de la media nacional, de los cuales 153 mm pertenecen al mes de noviembre.

Figura 3. Registro de precipitaciones (mm) mensuales para el año 2014, comparado con la serie histórica 1980-2009.

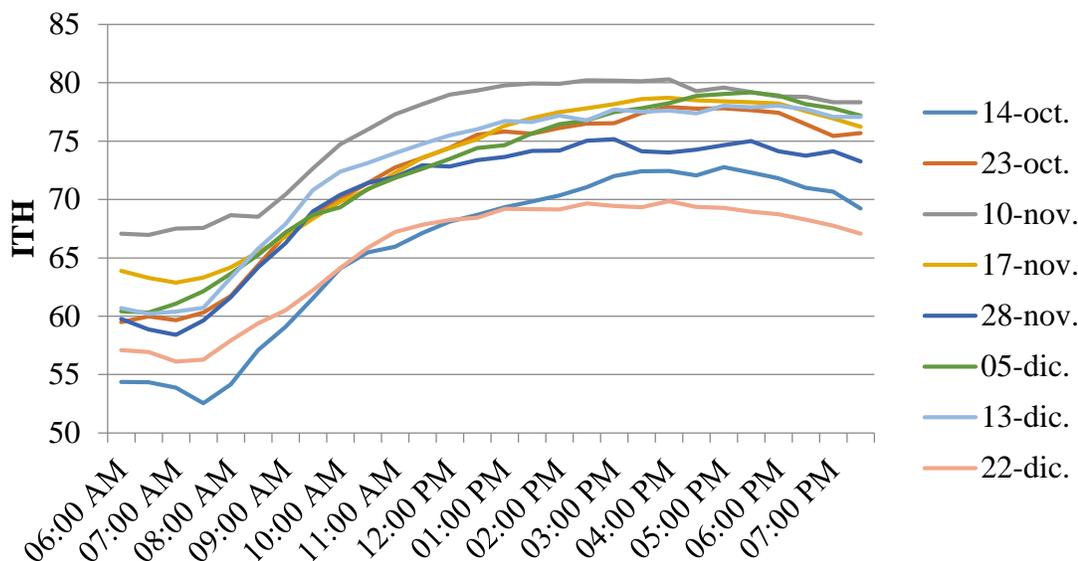


#### 4.1.3 Índice de Temperatura y Humedad (ITH)

De acuerdo al cálculo de ITH, obtenido de la ecuación de Johnson (1994), se observa en la figura 4 una tendencia similar a lo largo del día según los diferentes momentos. Se puede decir que en los momentos de la tarde los niveles alcanzados

fueron de alerta y riesgo, nunca alcanzando un nivel de emergencia (normal: <74, alerta: 75-78, riesgo: 79-83, emergencia: >84).

Figura 4. Variación diaria del ITH en los días de muestreo.



Al apreciar la figura 4 se ve que en los días 14/10, 28/11 y 22/12 nunca superan el valor de alerta (75 de ITH), mostrando que días normales se dieron en los tres meses de estudio. No obstante en los restantes días a partir de las 10hs o de las 13 hs mayoritariamente se supera ese límite quedando en el rango de alerta e ingresando en riesgo solamente el día 10/11.

## 4.2 CONDICIONES DE LA PASTURA

### 4.2.1 Altura

Los diferentes tratamientos tuvieron alturas promedio de 12,25; 13,25; 13,10 y 14,40 cm para CN, CNM, 60 y 120, con desvíos promedio a lo largo del experimento de 6,7; 6,7; 7,7 y 7,6 cm. respectivamente, tal cual se aprecia en el cuadro 1.

Se observó una tendencia en la que la altura promedio al momento de entrada y salida de los animales resultó menor para el tratamiento de CN. Además, en la mayoría de los tratamientos, al momento de entrada el desvío fue mayor que al momento de salida, resultando en una pastura más homogénea al momento de salida de los animales.

#### 4.2.2 Asimetría y desvío

La asimetría de Pearson explica la diferencia entre la media y la moda. Cuando presenta valores positivos, quiere decir, que la media es mayor a la moda, por lo tanto la mayor cantidad de registros son valores inferiores al promedio. Cuando esta es negativa ocurre lo contrario. Mientras que si presenta valores=0, la media y la moda son iguales.

La asimetría de Bowley considera los cuartiles y la mediana. Cuando esta es simétrica, = 0, la diferencia entre el tercer cuartil y la mediana es igual a la diferencia entre el primer cuartil y la mediana. Si la asimetría es positiva, mayor a cero, la distancia de la mediana al tercer cuartil es mayor que al primero, mientras que si es negativa, la distancia del primer cuartil a la mediana es mayor que de esta al tercer cuartil.

Estos dos indicadores sumados a la altura promedio permiten interpretar la distribución de las mediciones, que se muestran en el apéndice 1. Por ejemplo: a la primer entrada de CN, la asimetría de Pearson=1,21 indica que el registro de mayor frecuencia es menor a la altura promedio=15 cm, y la asimetría de Bowley=0,08 indica que la distancia entre el primer cuartil y la mediana es menor que la distancia entre esta y el tercer cuartil por lo que los registros son más frecuentes con alturas menores a 15 cm.

Sin embargo estos valores no nos indican si las distribuciones de altura son más heterogéneas o más homogéneas. El valor que nos indica la amplitud de los registros es el desvío. Valores más altos de registros indican una pastura más heterogénea, con una mayor amplitud de registros mientras que pasturas con menor desvío indican una pastura más homogénea con registros más concentrados sobre el promedio.

Estos valores, presentados en el cuadro 1 resumen los histogramas de las alturas que se detallan en el apéndice 1, nos permiten idear la estructura de la pastura, la distribución de datos y el grado de heterogeneidad de la misma.

#### 4.2.3 Oferta de forraje

Si bien la oferta de forraje fue menor en los tratamientos 60 y 120 respecto a los tratamientos CN y CNM (7% vs. 10%, cuadro 1), la altura promedio de entrada para estos tendió a ser menor respecto a los anteriores. Lo mismo ocurrió con la altura al momento de salida de los animales. Esta diferencia en la asignación de forraje se explica por la carga animal (kg/ha PV animal) y por el tamaño de las parcelas.

Cuadro 1. Condiciones de la pastura dadas por la altura (cm), desvío (cm), coeficientes de asimetría de Pearson y Bowley, masa de forraje (kg/ha MS) y oferta de forraje (% kgMS/100 kg PV) en los diferentes tratamientos, según el período (1 y 2) considerado y por entrada (E) y salida (S).

		PERÍODO 1				PERÍODO 2			
		E	S	E	S	E	S	E	S
<b>CN</b>	Altura (cm)	15	8	14	11	17	10	14	9
	Desvío (cm)	6,2	4,7	7,7	5,5	8,9	6,4	8,0	6,5
	Pearson	1,21	0,67	0,64	-0,43	0,00	0,43	0,53	0,75
	Bowley	0,09	0,33	0,05	0,00	-0,08	0,15	0,38	0,33
	MS (kg/ha)	2424	1504	2351	1913	2189	1767	2351	1621
	OF (%)	8,0		10,2		11,0		7,7	
<b>CNM</b>	Altura (cm)	19	14	14	11	16	11	12	9
	Desvío (cm)	7,1	6,8	5,7	5,3	8,2	6,6	7,5	6,8
	Pearson	0,08	0,36	0,31	0,46	0,12	0,58	0,62	0,17
	Bowley	0,20	0,30	0,31	0,04	0,19	0,22	0,20	0,00
	MS (kg/ha)	3023	2778	2351	1913	2643	1913	2059	1621
	OF (%)	12,6		9,7		12,8		7,1	
<b>60</b>	Altura (cm)	18	11	16	12	15	10	14	9
	Desvío (cm)	7,0	6,2	9,1	7,6	8,2	9,0	7,9	6,7
	Pearson	-0,63	0,13	0,40	0,31	1,23	0,93	-0,05	1,03
	Bowley	0,20	-0,11	0,05	0,13	0,04	0,32	-0,019	-0,05
	MS (kg/ha)	2862	1883	2643	2059	2497	1767	2351	1651
	OF (%)	6,8		8,8		7,5		6,1	
<b>120</b>	Altura (cm)	16	13	17	14	13	10	19	13
	Desvío (cm)	7,9	6,6	8,3	7,0	6,6	7,9	9,6	7,1
	Pearson	0,21	0,18	-0,26	0,67	0,15	0,54	0,09	1,03
	Bowley	0,00	-0,18	-0,07	0,11	0,20	0,15	0,09	-0,10
	MS (kg/ha)	2599	2234	2789	2351	2205	1767	3081	2205
	OF (%)	7,0		9,9		7,3		8,8	

#### 4.2.4 Composición química del forraje

Los datos de composición química de la pastura cosechada por los animales, mostrados en el cuadro 2, tienden durante todo el experimento a disminuir la cantidad de PC entre el momento de entrada y salida. Además, se observa que en el período 2, asociado a un cambio en el estado fisiológico de la pastura, de vegetativo a reproductivo, el contenido de FDA y FDN aumenta entre el momento de entrada y salida.

Cuadro 2. Composición química de la pastura a través de la simulación del pastoreo (hand plucking) dada por el % de proteína cruda (PC), % fibra detergente neutro (FDN) y % fibra detergente ácido (FDA) de cada tratamiento por período considerado y por entrada y salida de los animales.

	<b>PERÍODO 1</b>					
	<b>ENTRADA</b>			<b>SALIDA</b>		
	<b>PC%</b>	<b>FDN%</b>	<b>FDA%</b>	<b>PC%</b>	<b>FDN%</b>	<b>FDA%</b>
<b>CN</b>	11,8	65,0	29,1	10,8	65,0	30,6
<b>CNM</b>	13,2	64,2	29,7	12,6	64,6	31,8
<b>60</b>	12,4	61,5	28,9	10,6	65,3	31,6
<b>120</b>	13,4	59,1	29,0	11,8	54,7	29,0
	<b>PERÍODO 2</b>					
	<b>ENTRADA</b>			<b>SALIDA</b>		
	<b>PC%</b>	<b>FDN%</b>	<b>FDA%</b>	<b>PC%</b>	<b>FDN%</b>	<b>FDA%</b>
<b>CN</b>	11,3	64,9	29,9	10,6	68,0	32,0
<b>CNM</b>	13,4	62,7	31,2	12,2	68,8	33,0
<b>60</b>	12,8	65,8	30,6	12,2	68,2	32,3
<b>120</b>	14,0	63,2	29,9	13,3	63,9	31,3

En el cuadro 3 se observa el análisis estadístico de las variables de calidad de la pastura (modelo 1), donde se observó significancia en el porcentaje de proteína cruda en los diferentes tratamientos ( $p$ -valor=0,061), según las diferentes alturas, oferta de forraje, alimento seleccionado por el animal de acuerdo a su edad y peso vivo, donde los tratamientos CNM, 60 y 120 resultaron en mayor contenido de PC en relación al tratamiento CN (cuadro 3) aunque al analizar las medias ajustadas por Tukey no resultaron diferentes.

Si bien la media ajustada para el tratamiento CN es 9,75%, el contenido de PC en valor absoluto en todos los tratamientos siempre fue superior al 10%, por lo que no sería limitante para el consumo de los animales, según expresa Allison (1985). Igualmente vemos que la selección por parte de los animales en el tratamiento campo natural no logró compensar el efecto de la fertilización y la siembra de leguminosas, expresada en el %PC cosechada por los animales (cuadro 2 y 3).

Una tendencia que se da en todos los tratamientos y se repite en los dos períodos es que al momento de entrada de los animales a la parcela, el forraje seleccionado tiene mayor % de PC en relación al momento de salida de los mismos. Además, no se observan diferencias en el contenido de PC % entre los períodos. Por lo tanto, podemos decir que los animales pudieron conformar una dieta similar sorteando diferentes estados fisiológicos de las pasturas.

En comparación con los datos obtenidos por Montossi et al. (2000) en suelos de basalto, el contenido de PC es menor en el tratamiento CN (9,75 vs. 12,3%) y mayor en los tratamientos CNM (12,6 vs. 12,4%) y 60 y 120 (13,5 vs. 11,4%) en este trabajo. Los datos encontrados de FDN por dichos autores fueron mayores en todos los tratamientos en relación a los datos obtenidos en este trabajo (CN: 62,5 vs. 68,4%, CNM: 63,24 vs. 72,1%, 60 y 120: 66,4 vs. 67,9%).

Tanto para FDN como FDA se observaron diferencias significativas para las diferentes alturas (p-valor= 0,004 y 0,001 respectivamente) con una regresión negativa (-1,29 y -0,47). Estos valores se explican porque una mayor altura significaría una mayor relación hoja/tallo resultando en menor contenido de fibra. Además resultaron significativas para ITH (p-valor 0,006 y 0,019) con una regresión 0,31 y 0,07. Esta regresión podría estar mostrando un avance en la estación de crecimiento e indirectamente un estado fenológico más avanzado (cuadro 3).

Un menor contenido de lignina en los tratamientos fertilizados con nitrógeno podría reflejar una mayor contribución de gramíneas C3. En el tratamiento CNM, si domina el *Lotus tenuis* el contenido de lignina puede ser mayor por el aporte de tallos y es máxima en CN por el aporte de hierbas subleñosas y por mayor participación de especies C4.

Además se determinó una regresión positiva (0,31) entre lignina e ITH, por lo que a una mayor temperatura, mayor participación de especies C4, sumado a que el grado de lignificación y el nivel de polimerización de lignina aumentan con una mayor temperatura (Wilson y Mertens, 1995).

Cuadro 3. Resumen del análisis estadístico (p-v.: p-valor y reg: coeficiente de regresión) para las variables de calidad de la pastura y sus medias ajustadas (med.) en cada tratamiento, según las covariables que integran el modelo 1 (Trat: tratamiento, Desv: desvío estándar, OF: oferta de forraje, PV: peso vivo).

	C		PC		FDN		FDA		Lig	
	p-v.	reg.	p-v.	reg.	p-v.	reg.	p-v.	reg.	p-v.	reg.
<b>Trat.</b>	0,375		0,061		0,419		0,214		0,022	
<b>Altura</b>	0,220		0,916		0,004	-1,29	0,001	-0,47	0,084	0,85
<b>Desv.</b>	0,528		0,538		0,646		0,138		0,066	1,57
<b>OF</b>	0,376		0,419		0,162		0,484		0,288	
<b>PV</b>	0,596		0,367		0,698		0,505		0,093	0,38
<b>Edad</b>	0,149		0,366		0,374		0,589		0,003	5,62
<b>ITH</b>	0,001	-0,08	0,346		0,006	0,31	0,019	0,07	0,006	0,31
	Med.		Med.		Med.		Med.		Med.	
<b>CN</b>	9,49		9,75		62,50		29,59		20,73	A
<b>CNM</b>	9,12		12,60		63,24		30,87		12,12	AB
<b>60</b>	10,07		13,30		67,35		30,97		5,57	B
<b>120</b>	10,19		13,89		65,46		31,07		3,31	B

Referencias: C: cenizas, PC: proteína cruda, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, Lig: lignina.

A y B: medias entre columnas con letras distintas son diferentes entre sí ( $P < 0,10$ ).

#### 4.3 COMPORTAMIENTO INGESTIVO DE LOS ANIMALES

En el cuadro 4 se observan las distintas actividades registradas y las covariables que explican los resultados. Los valores de regresión indican que la covariable resultó significativa ( $p\text{-valor} < 0,10$ ) para la actividad que corresponda. Las medias en cada tratamiento son las medias ajustadas.

Cuadro 4. Resumen del análisis estadístico (p: p-valor y reg: coeficiente de regresión) para las diferentes actividades y sus medias ajustadas (med.) en cada tratamiento, según las covariables que integran el modelo 1 (Trat: tratamiento, Desv: desvío estándar, OF: oferta de forraje, PV: peso vivo).

	Pe		Pb		R		D		A	
	p-v.	reg.	p-v.	reg.	p-v.	reg.	p-v.	reg.	p-v.	reg.
<b>Trat.</b>	0,219		0,523		0,948		0,045		0,054	
<b>Alt.</b>	0,742		0,525		0,018	2,66	0,068	-1,7	0,196	
<b>Desv.</b>	0,637		0,033	-1,30	0,880		0,769		0,254	
<b>OF</b>	0,810		0,062	10,75	0,021	-32	0,146		0,679	
<b>PV</b>	0,363		0,377		0,567		0,076	-0,04	0,536	
<b>Edad</b>	0,082	-8,6	0,429		0,294		0,214		0,104	
<b>ITH</b>	0,011	1,23	0,001	-0,26	0,116		0,107		0,001	-0,16
	Med.		Med.		Med.		Med.		Med.	
<b>CN</b>	69,5		0,3		21,7		6,3	B	4,9	
<b>CNM</b>	52,0		2,9		23,3		20,5	A	2,9	
<b>60</b>	46,4		5,5		23,0		20,8	AB	2,1	
<b>120</b>	48,8		5,9		21,1		20,5	AB	1,5	

Referencias: Pe: pastoreo efectivo, Pb: pastoreo búsqueda, R: rumia, D: descanso, A: agua.

A y B: medias entre columnas con letras distintas son diferentes entre sí ( $P < 0,10$ ).

Dado que en el modelo 1 se incluyó al ITH, el momento del día queda implícito dentro de dicha covariable, como se puede observar en la figura 4 y cuadro 4. Por lo tanto, cuando el ITH presenta una regresión (por ejemplo: 1,23 con el pastoreo efectivo) indica que dicha actividad ocurre cuando aumenta el ITH, es decir, al final de la tarde, el momento de mayor pastoreo en el día. Vale aclarar que los rangos de ITH solamente un día (10/11) alcanzaron el nivel de riesgo, por lo que estas regresiones valen para los valores de ITH que se registraron en los momentos de muestreo y no para cualquier ITH.

#### 4.3.1 Pastoreo efectivo

Para la variable pastoreo efectivo no se observaron diferencias significativas en el tiempo asignado por los animales en los diferentes tratamientos expresado como el

tiempo en % destinado a la actividad dentro de las horas de muestreo (p-valor=0,219) tal cual se observa en el cuadro 4.

Dicha variable presentó diferencias significativas para las covariables edad e ITH con una regresión de -8,61 y 1,23 respectivamente.

Aunque las diferencias entre tratamientos no hayan sido estadísticamente significativas, cabe destacar las diferencias en las medias ajustadas. El tiempo expresado en % del total del día destinado a pastoreo efectivo fue 20 % mayor para el tratamiento CN, seguido por CNM y luego con medias similares en los tratamientos 60 y 120. La falta de significancia entre las medias puede ser explicada por una alta variabilidad de la información así como por el modelo estadístico empleado.

#### 4.3.2 Pastoreo búsqueda

Para esta actividad no se observaron diferencias entre tratamientos (p-valor 0,523) pero si resultaron significativos los tiempos destinados para esta actividad cuando varió el desvío de la altura (p-valor= 0,033) y la oferta de forraje (p-valor=0,062) de los diferentes tratamientos, así como para el ITH (p-valor=0,001) en los diferentes momentos de muestreo, con regresiones de -1,30, 10,75 y -0,26 respectivamente.

Asimismo, las medias ajustadas resultaron en orden inverso al tiempo destinado a pastoreo efectivo. Es decir, para los tratamientos 60 y 120, el tiempo destinado a pastoreo búsqueda fue mayor que CNM y este mayor que CN.

#### 4.3.3 Rumia

Para esta variable no se observaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (p-valor 0,948). Las diferencias entre las medias ajustadas de cada uno de los tratamientos no fueron de gran magnitud, siendo las de mayor valor para los tratamientos CNM y 60.

Las diferencias estadísticamente significativas encontradas fueron para las covariables altura (p-valor=0,018) y OF (p-valor=0,021). Las regresiones fueron 2,66 y -32,73 respectivamente.

#### 4.3.4 Descanso

Para la variable descanso existió diferencias significativas para los diferentes tratamientos (p-valor=0,045). Las medias ajustadas resultaron similares entre los tratamientos CNM, 60 y 120, y muy inferior en el tratamiento CN.

Además, esta actividad resultó significativa para las covariables altura (p-valor=0,068), peso vivo (p-valor=0,076), e ITH (p-valor=0,107). Para estas 3 covariables las correlaciones resultaron negativas.

#### 4.3.5 Agua

Se registraron diferencias significativas entre tratamientos en el tiempo destinado al consumo de agua ( $p$ -valor=0,054). Cabe destacar que los animales dispusieron de agua *ad libitum* en bebederos en todos los tratamientos.

Igualmente, esta variable resulta difícil analizarla debido a la forma en que se midieron las distintas actividades y el comportamiento gregario que mostraron los animales dentro y entre parcelas. Además, resulta más importante determinar el volumen consumido y no el tiempo destinado.

#### 4.4 TASA DE BOCADOS

En el cuadro 5 vemos como afectan las covariables, que se consideraron para las distintas actividades, a la tasa media de bocados (bocados/minuto) y a los bocados totales, que se obtienen de la multiplicación entre la tasa media de bocados y el tiempo destinado al pastoreo durante las horas de medición.

Al igual que el cuadro 4, las covariables que resultan significativas ( $p$ -valor <0,10) se expresan las regresiones correspondientes. Las medias que se presentan son las medias ajustadas de cada tratamiento por las distintas covariables a lo largo de todo el experimento.

Al considerar la tasa de bocados totales, se observaron diferencias significativas en los diferentes tratamientos. El tratamiento CN resultó con un mayor número total de bocados/día en relación a los otros tratamientos ( $p$ -valor=0,053).

Se observaron diferencias para las covariables PV, edad e ITH. Tanto para el peso vivo como para ITH las correlaciones fueron positivas, mientras que para la edad la correlación resultó negativa.

Al analizar la tasa media de bocados (boc/min) a lo largo del día, hay significancia para los diferentes tratamientos, donde, al igual que para los bocados totales, la media ajustada del tratamiento CN resultó mayor a los otros tratamientos.

La única covariable que fue significativa al considerar la TMB fue la edad del animal, con una regresión de 0,314.

Cuadro 5. Resumen del análisis estadístico (p: p-valor y reg: coeficiente de regresión) para los bocados totales y la tasa media de bocados (TMB) y sus medias ajustadas (med) en cada tratamiento, según las covariables que integran el modelo 1 (Trat: tratamiento, Desv: desvío estándar, OF: oferta de forraje, PV: peso vivo).

	<b>Bocados totales</b>		<b>TMB</b>	
	p-valor	regresión	p-valor	regresión
<b>Trat.</b>	0,053		0,022	
<b>Altura</b>	0,951		0,449	
<b>Desv.</b>	0,839		0,478	
<b>OF</b>	0,964		0,761	
<b>PV</b>	0,105		0,017	0,314
<b>Edad</b>	0,087	-878,08	0,159	
<b>ITH</b>	0,019	119,01	0,241	
	Medias		Medias	
<b>CN</b>	6602	A	37,29	A
<b>CNM</b>	4291	B	29,41	B
<b>60</b>	3858	AB	29,60	AB
<b>120</b>	4115	AB	30,93	AB

A y B: medias entre columnas con letras distintas son diferentes entre sí ( $P < 0,10$ ).

#### 4.5 ACTIVIDADES DE LOS ANIMALES Y TMB SEGÚN MOMENTO DEL DÍA

Para el análisis de actividad de los animales según el momento del día se consideró el modelo 2. Se consideraron 4 momentos del día, los cuales consistieron de 6:00-9:30, 9:30-13:00, 13:00-16:00, 16:00-19:30. Además, se analizaron las diferentes actividades separadas entre la entrada y salida de los animales de la parcela.

Cuadro 6. Análisis de las diferentes actividades y sus medias según los 4 momentos del día, al momento de entrada y salida de los animales.

		Pe	Pb	R	D	A
<b>ENTRADA</b>	MDÍA (p-valor)	<0,0001	0,0026	<0,0001	0,0009	0,0447
		Medias (12,6)	Medias (4,0)	Medias (11,1)	Medias (6,8)	Medias (1,4)
	1	46,7 B	8,2 A	24,8 B	16,9 A	3,4 A
	2	45,6 B	3,2 B	31,4 AB	17,4 A	2,5 AB
	3	38,9 B	2,4 B	37,0 A	19,3 A	2,5 AB
	4	77,9 A	2,1 B	11,1 C	7,4 B	1,6 B
<b>SALIDA</b>	MDÍA (p-valor)	<0,0001	0,0582	0,0001	0,0002	<0,0001
		Medias (13,3)	Medias (2,7)	Medias (10,3)	Medias (8,1)	Medias (1,4)
	1	45,3 B	4,8 A	20,2 A	24,1 A	5,7 A
	2	44,1 B	3,3 AB	26,7 A	23,7 A	2,3 B
	3	48,3 B	3,7 AB	25,0 A	19,4 A	3,6 BC
	4	82,2 A	1,5 B	5,8 B	9,0 B	1,5 C

Referencias: Pe: pastoreo efectivo, Pb: pastoreo búsqueda, R: rumia, D: descanso, A: agua, Medias (diferencia mínima significativa).

A, B y C: medias entre columnas con letras distintas son diferentes entre sí ( $P < 0,10$ ).

Si bien ya se aclaró que en el modelo general (1) el momento del día queda implícito dentro del ITH, es conveniente mostrar el análisis de las distintas actividades en relación a dicha variable.

Tal cual se observa en el cuadro 6, tanto a la entrada como a la salida de los animales, el momento del día resultó significativo para todas las actividades. Por lo tanto, y tal cual era de esperar, los animales destinan mayor tiempo a alguna actividad en detrimento de las otras en ciertos momentos del día ya que son actividades mutuamente excluyentes, debido a factores externos así como también por factores internos e inherentes al animal.

Estos resultados son coincidentes con el modelo de covariables (1) que consideraba al ITH como un indicador del momento del día. Vemos que el pastoreo efectivo tiene una regresión positiva con el ITH, el cual aumenta hasta el final de la tarde, momento en que los animales pastorean más según el cuadro 6. El pastoreo búsqueda y descanso tienen regresión negativa con el ITH, coincidente con estos datos

ya que estas actividades son mayores a la mañana (momento 1), donde los valores de ITH son los más bajos del día.

Para la actividad rumia, la regresión es positiva con el ITH, por lo que aumenta a medida que aumenta dicho índice, es decir a la tarde. Esto se observa en el cuadro 6, donde esta actividad es mayor en el momento 3 a la entrada, mientras que a la salida no es diferente entre los momentos 1,2 y 3, sin embargo los momentos 2 y 3 son mayores en valor absoluto al momento 1. Esto se puede explicar por la interacción entre los momentos del día considerados y los períodos, en los cuales pudo haber variaciones en el ITH (figura 4).

Cuadro 7. Tasa media de bocados promedio de los tratamientos, en los diferentes momentos del día (MDÍA) en los períodos 1 y 2 al momento de entrada y salida.

	PERÍODO 1		PERÍODO 2	
	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
<b>p-valor</b>	0,5313	0,2918	0,0061	0,0537
<b>MDÍA</b>	Media (5,1)	Media (3,5)	Media (4,4)	Media (6,4)
<b>1</b>	30	31,2	28,4 B	30,1 AB
<b>2</b>	30,8	30,8	29 B	33,8 AB
<b>3</b>	32,7	32,6	30,5 AB	28,9 B
<b>4</b>	32,8	33,2	34,1 A	36 A

A y B: medias entre columnas con letras distintas son diferentes entre sí ( $P < 0,10$ ).

Al considerar la tasa media de bocados promedio de los tratamientos (cuadro 7) vemos que el momento del día es significativo solamente en el período 2. En este período la mayor tasa de bocados se da en el momento 4, resultado esperable ya que es el momento en que el pastoreo es más intenso.

Si bien el período 1 no resultó significativo, se observa una tendencia que la mayor tasa de bocados ocurre en el momento 4.

La tasa media de bocados por tratamiento a lo largo del experimento se observa en el apéndice 4.

#### 4.6 VALOR PASTORAL

En el cuadro 8 se observan los valores promedios de cada tratamiento (promedio ponderado de cada cuadrante) según los bloques en los que se hicieron las mediciones. El valor pastoral no fue estadísticamente diferente en los distintos tratamientos (p-valor = 0,1768).

Cuadro 8. Valor pastoral de cada tratamiento, en cada bloque y promedio de ambos.

<b>Tratamiento</b>	<b>BLOQUE 1</b>	<b>BLOQUE 3</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>CN</b>	4,84	5,74	5,29
<b>CNM</b>	5,23	6,22	5,72
<b>60</b>	5,00	6,25	5,63
<b>120</b>	5,32	7,24	6,28

Referencias: CN: campo natural, CNM: campo natural mejorado, 60: 60 kgN/ha, 120: 120 kgN/ha.

Considerando el valor pastoral de cada cuadrante dentro de la parcela y el tiempo que los animales pastorearon en los cuadrantes, se realizó un análisis de correlación de Pearson, no ajustándose un coeficiente. Esto quiere decir que los animales no demostraron preferencia por algún cuadrante dado su valor pastoral, por lo que pueden haber interferido otros factores como el agua, la sombra, etc.

#### 4.7 DESEMPEÑO ANIMAL

El desempeño animal, expresado a través de la ganancia diaria en cada tratamiento, ajustada por la edad y el peso vivo al inicio del experimento se presenta en el cuadro 9. Estas ganancias son el resultado del consumo diario de los animales, y del valor nutritivo del forraje cosechado.

Cuadro 9. Ganancia media diaria ajustada de cada animal en los distintos tratamientos a lo largo del experimento.

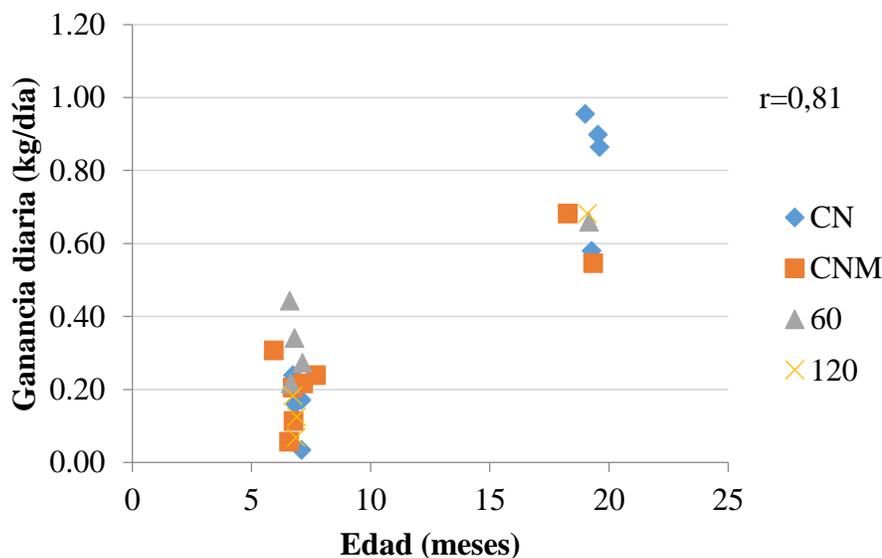
<b>Tratamiento</b>	<b>CN</b>	<b>CNM</b>	<b>60</b>	<b>120</b>
<b>GMD kg/animal/día</b>	0,36 AB	0,31 AB	0,45 A	0,26 B

Referencias: GMD: ganancia media diaria kg/animal/día, CN: campo natural, CNM: campo natural mejorado, 60: 60 kg/ha N, 120: 120 kg/ha N.

A y B: medias entre columnas con letras distintas son diferentes entre sí ( $P < 0,10$ ).

Si bien los tratamientos, asociados a la oferta de forraje, resultaron diferentes significativamente ( $p$ -valor=0,0125), la edad fue la covariable con mayor incidencia en las ganancias diarias ( $p$ -valor<0,0001). No así con el peso vivo inicial, el cual no fue significativo ( $p$ -valor=0,3472). En el apéndice 2 se presentan las ganancias en un diagrama de cajas. Se destaca la alta variabilidad en el desempeño dentro de los tratamientos, atribuible a que hay animales de diferentes edades con distintos requerimientos nutricionales. Igualmente animales de similar edad, tal cual se presenta en la figura 5, presentan ganancias diferentes, por lo que existieron otros factores que afectaron el desempeño y que no fueron identificados.

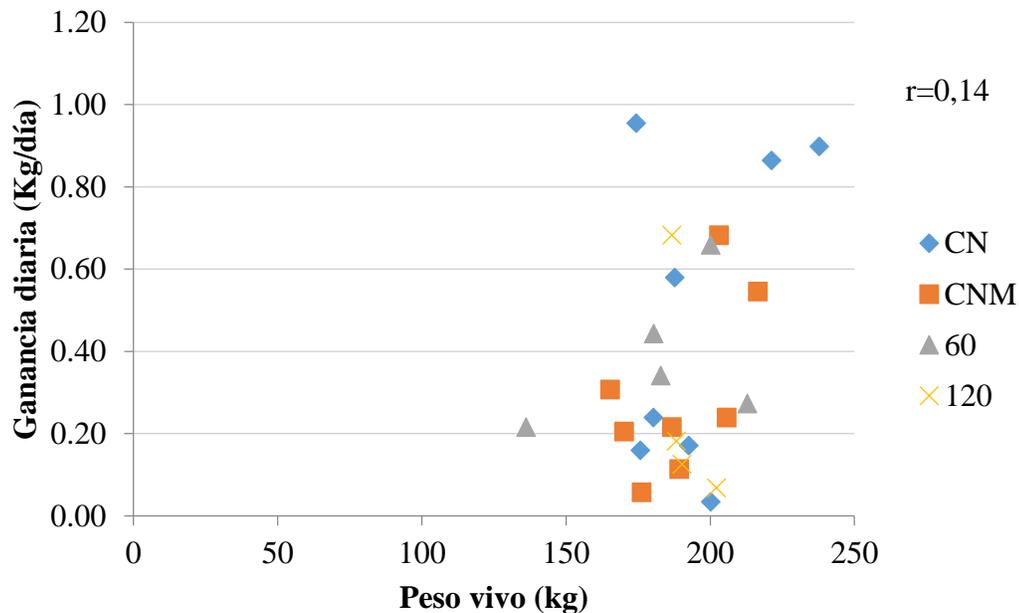
Figura 5. Ganancia media diaria en función de la edad de los animales en meses, al inicio del experimento, por tratamiento.



Referencias: CN: campo natural, CNM: campo natural mejorado, 60: 60 kg/ha N, 120: 120 kg/ha N.

El factor peso vivo inicial no fue significativo ya que como se presenta en la figura 6, existió una alta variabilidad en la ganancia diaria a igual peso vivo. Al realizar un análisis de regresión se observa que la ganancia no se ajusta con el peso vivo ( $r=0,14$ ), contrariamente a lo que ocurre entre la ganancia diaria y la edad ( $r=0,81$ ).

Figura 6. Ganancia media diaria en función del peso vivo de los animales, al inicio del experimento, por tratamiento.



Referencias: CN: campo natural, CNM: campo natural mejorado, 60: 60 kg/ha N, 120: 120 kg/ha N.

#### 4.8 DISCUSIÓN

El hecho que no se observaron diferencias significativas en las medias de los tratamientos para las actividades de comportamiento ingestivo realizadas por animales a lo largo del estudio, podría deberse a que las alturas de ingreso y salida, siempre fueron superior a los 9 cm en todos los tratamientos, una masa de forraje siempre mayor a los 1500 kg/ha de MS y una asignación de forraje superior al 7%. Estas condiciones permiten optimizar el consumo animal en pastoreo (Goncalves et al. 2009, Carvalho et al. 2009) y los animales no deben aumentar el tiempo de pastoreo para mantener el consumo (Hodgson, 1985).

Se observa en el cuadro 1 que la altura promedio siempre fue menor a la salida en relación a la entrada de los animales a la parcela. Además, en la mayoría de los casos, el desvío de la altura fue mayor a la entrada, por lo que a la salida la pastura fue más homogénea y los registros se concentraron sobre la altura promedio.

Al analizar las medias ajustadas de pastoreo efectivo por tratamiento (cuadro 4) se observa un mayor valor en CN, esto podría deberse principalmente a la menor altura

que presenta dicho tratamiento. Si bien la oferta de forraje es mayor que en los tratamientos 60 y 120, esta se explica principalmente por el tamaño de parcela y no por la altura promedio. Considerando lo que expresa Hodgson (1985), se asume que el peso de bocado es menor en dicho tratamiento debido a la menor altura de la pastura, por lo tanto los animales deben pastorear más tiempo para consumir lo mismo, sumado a una menor selección, lo cual refleja el mayor tiempo de pastoreo efectivo respecto a los demás tratamientos.

La diferencia en altura promedio para los tratamientos 60 y 120 y su desvío (cuadro 1), estarían explicando este comportamiento, ya que los animales realizan una mayor selección del forraje cuando la altura de la pastura es mayor, sumado a una mayor variabilidad dentro de la misma. Como también fue expresado por Hodgson (1985), esto permite que los animales logren un mayor tamaño de bocados y una mayor selección del forraje.

Si bien el análisis de los datos muestra que a mayor oferta de forraje, mayor tiempo destinado a pastoreo búsqueda, al observar los datos vemos que es a la inversa. En los tratamientos de menor oferta (60 y 120) se dan los mayores tiempos de búsqueda (cuadro 4). Esto se debe porque a pesar de tener una menor oferta de forraje, dada por un menor tamaño de parcela, la altura promedio para estos tratamientos es mayor respecto a CN y CNM, lo cual permite a los animales realizar una mayor selección de forraje, reflejada en un mayor tiempo de pastoreo búsqueda. Creemos que regresiones como la del modelo, donde a mayor oferta, mayor tiempo destinado a pastoreo búsqueda, podrían darse en parcelas donde la oferta sea explicada por la altura y no por el tamaño de la parcela. Sumado a esto, hay que agregarle el efecto de la variabilidad en altura dentro de una misma parcela. Estos resultados también fue obtenido por Mezzalira, citado por Carvalho et al. (2008), donde a mayor oferta de forraje, el tiempo destinado a pastoreo búsqueda incrementó hasta alcanzar un plateau, mientras que para el pastoreo efectivo fue inversamente proporcional a la oferta de forraje.

Otro de los factores que podría explicar estos resultados es la edad del animal, donde en estos tratamientos los animales son en promedio más jóvenes respecto a los tratamientos CN y CNM. Estas categorías tienen menor capacidad de cosecha del forraje en términos de tasa de bocados y número total de bocados. Seleccionan aquellas partes de las plantas más tiernas y nutritivas. Esta selectividad se ve claramente reflejada en los análisis de calidad del forraje cosechado por los animales, los cuales resultaron en un mayor porcentaje de proteína para los tratamientos con edad promedio más joven (60 y 120).

En campo natural, al momento de realizado el muestreo, los animales eran entre 2 y 3 meses mayores que en el resto de los tratamientos. Los resultados de calidad muestran que estos animales cosechaban un forraje de 2 a 3% menor en PC (cuadro 2). Para este tratamiento, la altura promedio es menor al resto, los animales tienen mayor

edad, por lo tanto se refleja en una mayor tasa de bocados, un mayor tiempo de pastoreo y una cosecha de forraje de menor calidad.

En concordancia con Hodgson (1982a, 1990) se observaron 3 períodos de pastoreo en todos los tratamientos. El primero al amanecer, el segundo tarde en la mañana y el tercero al final de la tarde (apéndice 3).

El pastoreo búsqueda es mayor en todos los tratamientos en las horas de la mañana, momento en que el ITH presenta los valores más bajos a lo largo del día, con una regresión de 0,26, presentada en el cuadro 4. Esto se explica porque los animales en la tarde realizan un pastoreo más intenso, como forma de lograr un llenado de manera de evitar pastoreos nocturnos (Hodgson, 1990).

Se observó en el campo que, luego de los turnos de pastoreo, seguían los turnos de rumia, siendo el más prolongado entre 13:00 y 16:00, anticipando al pastoreo más intenso del día. Esto surge del análisis de la distribución de actividades a lo largo del día (cuadro 6, apéndice 3).

Los tratamientos con mayor oferta de forraje son CN y CNM. Se observó una correlación negativa entre oferta de forraje y rumia, debido a que en los tratamientos donde hay mayor oferta de forraje, la altura de la pastura es menor, por lo tanto al reducirse el peso de bocado se afecta el consumo, afectando directamente el tiempo dedicado a rumiar. Estos resultados son similares al obtenido por Campanella et al. (2010), Scarlato (2011), donde a menor oferta (explicada por la altura), menor tiempo destinado a la rumia. Esto se explica porque los animales dejan de rumiar para aumentar el pastoreo como forma de mantener el consumo, ya que son actividades mutuamente excluyentes.

La altura de forraje se correlaciona positivamente con el tiempo destinado a rumia, ya que permite que los animales logren un mayor tamaño de bocado, lo cual se refleja en un mayor consumo de forraje por unidad de tiempo. Este mayor consumo de forraje implica un mayor tiempo de rumia.

La altura de la pastura es un factor determinante del peso del bocado, el cual incide directamente en el consumo y es sabido que a mayor altura el tamaño del bocado es mayor (Alden y Whittaker, 1970). En los tratamientos donde la calidad y altura de la pastura fue mayor, los animales en menos tiempo logran el llenado del rumen, permitiendo realizar actividades de descanso por más tiempo en relación a las demás actividades, esto se puede observar en las medias ajustadas en el cuadro 4. En el tratamiento CN, a pesar de tener una mayor oferta de forraje, la altura, calidad y variaciones en la pastura son menores. En este tratamiento los animales presentaron el menor tiempo destinado a descanso.

El peso vivo es otro de los factores que afecta el descanso debido a que animales más grandes, realizan una actividad más intensa de pastoreo, por lo tanto logran un mayor consumo en un período menor de tiempo (Allison, 1985) y de esta manera pueden destinar más tiempo a descansar.

La edad de los animales en este caso no genera diferencias significativas en el tiempo destinado a descanso, ya que se tomó la edad promedio de los animales en los distintos tratamientos. La mayoría de las edades utilizadas para generar la edad promedio, provenía de animales jóvenes, por lo tanto la mayor proporción de ese valor promedio es de animales de categorías pequeñas, los cuales realizan un pastoreo muy selectivo, con una baja tasa de bocados y tamaño, lo cual obliga a los animales a pastorear por más tiempo, disminuyendo el tiempo destinado a descanso para poder lograr un consumo adecuado a sus requerimientos.

Esto también explica la regresión negativa existente entre el pastoreo y la edad (cuadro 4). A mayor edad, los animales destinan menor tiempo al pastoreo y viceversa, ya que la tasa de consumo instantánea es mayor.

Tal cual reporta Hodgson (1982a), a nivel de campo se observaron patrones de respuesta inestables en los animales más jóvenes con poca experiencia así como dominancia de animales más grandes (1 año más de edad).

La diferencia en la tasa de bocados entre tratamientos, resultando el CN con mayor número de bocados/min (cuadro 5), podría explicarse en parte por una menor altura promedio de la parcela (cuadro 1) que determina una menor manipulación de forraje (Hodgson, 1985) y una tendencia a un menor contenido de PC (cuadro 2). La mayor diferencia entre tratamientos se da al momento de salida de los animales. En dicho tratamiento se observa que entre la entrada y salida de los animales ocurre la mayor variación de MS disponible-MS remanente, expresada en la altura promedio de entrada y salida (cuadro 1). Esto podría explicar la mayor tasa de bocados en el tratamiento como forma de compensar el menor contenido de MS, de acuerdo con Walker y Heitschmidt (1989a). Esta compensación se da por un aumento en la tasa de bocados y no por un mayor tiempo de pastoreo, que resultó sin diferencias significativas.

Los resultados obtenidos en la tasa de bocados de los diferentes tratamientos confirman en parte lo dicho por Rodríguez Capriles, citado por Hodgson (1982a) que la mayor tasa de bocados se produce al final de la tarde, mostrando una regresión +119,01 con el ITH (cuadro 5 y 7).

Las diferencias encontradas entre la tasa de bocados de CN y CNM podrían explicarse por una mayor selección animal, dada por la presencia de leguminosas del CNM, así como también por su mayor concentración energética y proteica. Esto puede verse en la diferencia en el %PC entre tratamiento CN y CNM (cuadro 2) y en el tiempo destinado al pastoreo búsqueda en valor absoluto entre los dos tratamientos (cuadro 6).

De acuerdo con Nabinger y Faccio Carvalho (2009), el intervalo entre dos bocados sucesivos aumenta considerablemente cuando la estructura de la pastura se presenta alta y con elevada dispersión de hojas en la parte superior del canopeo. Esto ocurrió en los tratamientos CNM, 60 y 120, que presentaron la mayor altura y una menor tasa de bocados.

Considerando la información en su conjunto vemos que los tratamientos CNM, 60 y 120 tenían en promedio animales más jóvenes que CN (10,94; 9,26 y 9,13 vs. 12,36) y presentaron menores ganancias en promedio (apéndice 2). Esto podría deberse a una mayor selección por parte de los animales sumado al efecto tratamiento, expresada en la calidad del forraje cosechado (mayor % de PC en los 3 tratamientos vs. CN) que determina una menor tasa de consumo. Tal como expresa Hodgson (1990), pastoreos selectivos no siempre resultan en mayores niveles de consumo de nutrientes, ya que la selectividad condiciona a la actividad ingestiva (Espasandín, 1996). Además, Hodgson (1990) asegura que dentro y entre grupos, los animales con mejor desempeño tienden a ser aquellos con mayor nivel de consumo, aunque no es fácil decidir si altos consumos son causa o consecuencia de la alta performance.

Al analizar las ganancias individuales se vio una relación edad-GMD, expresada en la figura 5. Según Allison (1985), esta relación se explica por una mayor tasa de consumo debida al mayor tamaño corporal.

Al comparar los resultados obtenidos en este trabajo con los de Luzardo et al. (2014) vemos que si bien las condiciones de la pastura fueron diferentes, debido a la región del sitio experimental, altura de la pastura y kg/ha de MS ofrecida, el tiempo destinado al pastoreo fue similar para el tratamiento CN (70% aprox. Luzardo vs. 66%). Llama la atención que los tiempos destinados a la rumia en este trabajo son muy superiores a los reportados por Luzardo et al. (2014). Asimismo, se observa que la tasa de bocados para el tratamiento CN, que en este es significativamente mayor que para el resto de los tratamientos (37 vs. 30), resulta inferior a las encontradas por los autores, donde se alcanzan valores de 52 boc/min. Esta diferencia se puede explicar por las diferencias en la altura y asignación de forraje manejadas en los experimentos.

Berasain et al. (2002) obtuvieron una tasa de bocados promedio de 35 boc/min, con ofertas de forraje de 2,5 y 5%, resultados similares a los obtenidos en este trabajo con ofertas de forraje muy inferiores. Esto podría explicarse porque las tasas de bocados obtenidas por Berasain et al. (2002) fueron registradas entre las 10:00 y 18:00 horas, momento donde el pastoreo no es intenso.

Llama la atención como en ciertos trabajos de Luzardo et al. (2014) el tiempo de pastoreo es similar al tiempo de pastoreo (efectivo + búsqueda) de este trabajo para los tratamientos CNM, 60 y 120. Sin embargo, la diferencia está en la tasa de bocados (48 vs. 30). Estas diferencias se pueden explicar por la calidad del forraje levantado por los animales en este experimento, explicando la menor tasa de bocados a igual tiempo de

pastoreo, así como también por una diferencia en la altura promedio y la asignación de forraje (muy inferior en los tratamientos de Luzardo et al. 2014).

Al analizar los patrones de distribución de los animales en las parcelas de cada uno de los bloques y tratamientos, y de acuerdo al valor pastoral de la misma no se observó un patrón de distribución, por lo que los animales pastoreaban las distintas áreas de las parcelas sin mostrar preferencia por alguna de ellas debido a su similar valor pastoral (cuadro 8).

## 5. CONCLUSIONES

El tiempo dedicado al pastoreo efectivo en los diferentes tratamientos no fue significativamente diferente. Los animales ajustaron el consumo diario de acuerdo a su edad y requerimientos a través de la tasa de bocados y no por el tiempo dedicado a dicha actividad.

Mayores tiempos destinados al pastoreo búsqueda se asociaron a una cosecha de forraje de mayor calidad, y a animales más jóvenes.

La tasa de bocados fue mayor en el CN frente a los tratamientos de intervención asociado a diferencias en calidad de la pastura.

La tasa media de bocados fue mayor al final de la tarde, momento en que el pastoreo efectivo fue mayor. Esta mayor intensidad de pastoreo es independiente de la edad y el peso vivo de los animales.

Animales que realizan una mayor selección, cosechando forraje de mejor calidad, no siempre logran el mejor desempeño, ya que esta selección de forraje determina una disminución en el número de bocados totales por día, y no lograría compensar el menor consumo.

La selección animal no logró compensar el efecto del tratamiento *per se* en la calidad del forraje cosechado.

Al considerar todos los animales, sin discriminarlos por tratamientos, la ganancia media está muy relacionada a la edad de los animales y no al peso vivo inicial.

## 6. RESUMEN

El presente estudio se desarrolló entre el 14 de octubre y el 23 de diciembre de 2014, en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), en el departamento de Paysandú. Se utilizaron 7,8 hectáreas del potrero 18, sobre suelos San Manuel, en un campo natural virgen con el objetivo de cuantificar el comportamiento ingestivo de novillos Holando. El diseño empleado fue el de bloques completos al azar, con 4 bloques y 4 tratamientos por bloque: 1) testigo (CN); sin intervenciones, 2) (60) aplicación de 60 kg /ha de nitrógeno más 40 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 3) (120) aplicación de 120 kg/ha de nitrógeno más 40 kg /ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 4) (CNM), Siembra en cobertura de *Trifolium pratense* y *Lotus tenuis* más la aplicación de 40 kg /ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. En total fueron 28 novillos con edades de 6 a 20 meses y peso vivo inicial promedio de 180 ± 22 kg. Los tratamientos CN y CNM se trabajaron con una dotación de nueve animales/parcela, mientras que los tratamientos de 60 kg y 120 kg con 5 animales/parcela. Las mediciones se realizaron en forma simultánea al momento de entrada y salida de los bloques 1 y 3, con 1 repetición en cada bloque. Se ajustó a una oferta de forraje entre 7 y 12% del peso vivo. El registro de actividad comenzó a las 6:00 y finalizaron a las 19:30, registrándose cada 10 minutos. Además se registraba la tasa de bocados cada dos horas, la distribución de los animales mientras pastoreaban dentro de la parcela, la altura de la parcela, así como también se muestreó la pastura por simulación de pastoreo de los novillos (hand plucking). El tiempo destinado para cada actividad no fue diferente estadísticamente entre los tratamientos, si bien se observó una tendencia de mayor tiempo de pastoreo en el tratamiento CN. Tampoco hubo diferencias en la tasa media de bocados entre los tratamiento, aunque también en CN tendió a ser mayor respecto a los demás tratamientos. Se pudo determinar un efecto importante en el comportamiento, en la tasa de bocados y por lo tanto en la ganancia diaria de la edad de los animales, resultando más importante que el peso vivo inicial de los animales. En los tratamientos con una edad promedio menor (60 y 120) el forraje cosechado por los animales tenía mayor contenido de PC, explicado en parte por la fertilización de la pastura y por la selección de los animales, dada su edad promedio menor. Las mayores ganancias diarias se dieron en el tratamiento CN, debido a la mayor edad promedio asociado a una menor selección de forraje dada por el mayor tiempo de pastoreo y mayor tasa de bocados, factores que explican el consumo, factor determinante de la performance animal. El efecto de la edad se observa al considerar todos los animales sin discriminar por tratamientos, donde los animales mayores a 18 meses presentan ganancias mayores a 450 gr/día, mientras que los animales de 6 meses ganan como máximo 430 gr/día.

Palabras clave: Consumo en pastoreo; Comportamiento ingestivo; Tasa de bocados; Campo natural; Campo natural mejorado; Campo natural fertilizado.

## 7. SUMMARY

The present work was conducted in spring (14<sup>th</sup> October to 23<sup>rd</sup> December) of 2014, in the Experimental Station “Mario A. Cassinoni (EEMAC)”, department of Paysandú. This research was carried out in the 18<sup>th</sup> paddock, in 7,8 ha, in natural pasture. The purpose and aim of this experiment was to measure the ingestive behavior of Holando steers. The experimental design consisted of complete randomized blocks with 4 treatments with 3 replications: 1) nature pasture (CN), 2) (60) 60 kg/ha N + 40 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 3) (120) 120 kg/ha N + 40 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 4) (CNM), enhanced with *Trifolium pratense* y *Lotus tenuis* + 40 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. In total was 28 steers between 6 to 20 months of 180 average weight. 9 steers/plot in CN and CNM, and 5 steers/plot in 60 y 120. The measured of ingestive behaviour was recorded by direct observation during daylight hours (6:00 to 19:30), every 10 minutes. Other variables measured were the bit rate, every 2 hours, the distribution of steers while they were grazing, the herbage height, and the herbage harvest by the method of hand plucking. Each measurement was at the entry and the exit of animals of the plot. Grazing, ruminant and rest were statistically equal in different treatments, nevertheless, grazing time in CN tended to be higher than the others. The same occurred for the variable bit rate. The best animal performance (gr/day) was in CN, explained by the higher grazing time and bit rate. This occurs because the average age in CN was higher than the others. This work allowed us to show that younger animals, the case of 60 and 120 treatments, select more forage than older steers, determining a lower intake, explained by less grazing time and bit rate, determinants of forage intake, the most important factor in animal performance.

Keywords: Forage intake; Ingestive behaviour; Rate bite; Natural grassland; Improve natural grassland; Fertilized natural grassland.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Allden, W. G.; McDWhittaker, I. A. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep; the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. (en línea). Australian Journal of Agricultural Research. 21(5): 755 – 766. Consultado 23 mar. 2015. Disponible en <http://www.publish.csiro.au/?paper=AR9700755>
2. Allen, M. S. 2014. Drives and limits to feed intake in ruminants. Animal Production Science. 54:1513-1524.
3. Allison, C. D.; Kothmann, M. M.; Rittenhouse, L. R. 1981. Forage intake of cattle as affected by grazing pressure. In: International Grassland Congress (14th., 1981, Lexington, Kentucky). Proceedings. Boulder, Colorado, Westview. pp. 670-672.
4. \_\_\_\_\_. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants; a review. Journal of Range Management. 38(4): 305-311.
5. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
6. Arias, J. E.; Dougherty, C. T.; Bradley, N. W.; Cornelius, P. L.; Lauriault, L. M. 1990. Structure of tall fescue swards and intake of grazing cattle. Agronomy Journal. 82: 545-548.
7. Ayala, W.; Carámbula, M. 1994. Nitrógeno en campo natural. In: Morón, A.; Risso D. F. eds. Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 33-42 (Serie Técnica no. 51).
8. Bailey, D. W.; Gross, J. E.; Laca, E. A.; Rittenhouse, L. R.; Coughenour, M. B.; Swift, D. M.; Sims, P. L. 1996. Mechanisms that result in large herbivore grazing distribution patterns. Journal of Range Management. 49(5): 386-400.
9. Balocchi, O.; Pulido, R.; Fernández, J. 2002. Grazing behavior of dairy cows with and without concentrate supplementation. Agricultura Técnica (Chile). 62(1): 87-98.
10. Bemhaja, M. 1994. Fertilización nitrogenada en sistemas ganaderos. In: Morón, A.; Risso, D. F. eds. Nitrógeno en pasturas. Montevideo, INIA. pp. 49-56 (Serie Técnica no. 51).
11. \_\_\_\_\_. 1998. Mejoramiento de campo y manejo de leguminosas. In: Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 53-61 (Serie Técnica no. 102).

12. Berasain, S.; Patrón, L.; Vidart, M. 2002. Efecto de la suplementación energética con fuentes de diferente degradabilidad ruminal sobre el comportamiento ingestivo y consumo voluntario en novillos Hereford pastoreando en dos asignaciones de forraje en verdeo y pradera en estado vegetativo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 111 p.
13. Boggiano, P. R. Dinâmica da produção primária da pastagem nativa em área de fertilidade corrigida sob efeito de adubação nitrogenada e oferta de forragem. 2000. Tesis de Doctorado en Zootecnia. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 191 p.
14. Bossi, J. 1969. Carta geológica del Uruguay a escala 1/100.000 prefacio. Facultad de Agronomía (Montevideo). Boletín de Investigación no. 1. 40 p.
15. Campanella, M.; Ferreira, B.; Gómez, F. 2010. Consumo y comportamiento en pastoreo de vacas Angus, Hereford y sus cruzas F1 en diferentes asignaciones de campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 68 p.
16. Cangiano, C. A. 1997. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. In: Cangiano, C. ed. Producción animal en pastoreo. Balcarce, Buenos Aires, INTA. pp. 41-60.
17. Carámbula, M. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.
18. Carvalho, P. C. F.; Poli, C. H. E. C.; Nabinger, C.; Moraes, A. 2000. Comportamento ingestivo de bovinos em pastejo e sua relação com a estrutura da pastagem. In: Ferraz, J. B. S. ed. Pecuaria 2000; a pecuária de corte no III milênio. Pirassununga, BR. s.e.
19. \_\_\_\_\_; Gonda, H. L.; Wade, M. H.; Mezzalira, J. C.; Amaral, M. F.; Gonçalves, E. N.; Santos D. T.; Nadin, L.; Poli, C. H. E. C. 2008. Características estruturais do pasto e o consumo de forragem; o que pastar, quanto pastar e como se mover para encontrar o pasto. In: Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem (4o.), Simposio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo (2º., 2008, Viçosa). Anais. Viçosa, BR. s.e. pp. 101-130.
20. \_\_\_\_\_; Bremm, C.; Mezzalira, J. C.; Da Trindade, J. K.; Nascimento Jr. D. 2011. How can grazing behavior research at the bite to patch scales contribute to enhance sustainability of rangeland livestock production systems? In: International Rangeland Congress (9th., 2011, Rosario, Argentina). Diverse rangelands for a sustainable society. Rosario, Argentina, s.e. pp. 565-571.

21. Castaño, J. P.; Ceroni, N.; Giménez, A.; Furest, J.; Aunchayna, R. s.f. Caracterización agroclimática del Uruguay, período 1980-2009. (en línea). Montevideo, INIA. GRAS. s.p. Consultado 17 may. 2015. Disponible en [http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara\\_agro/](http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara_agro/)
22. Cordova, F. J.; Wallace, J. D.; Pieper, R. D. 1978. Forage intake by grazing livestock; a review. *Journal of Range Management*. 31(6): 430-438.
23. Demment, M. W.; Greenwood, G. B. 1988. Forage ingestion; effects of sward characteristics and body size. *Journal Animal Science*. 66: 2380-2392.
24. \_\_\_\_\_.; Laca, E. A. 1993. The grazing ruminant; models and experimental techniques to relate sward structure and intake. *In*: World Conference on Animal Production (1993, Edmonton, Canada). Proceedings. Edmonton, University of Alberta. Department of Animal Science. pp. 439-460.
25. Dougherty, C. T.; Bradley, N. W.; Lauriault, L. M.; Arias, J. E.; Cornelius, P. L. 1992. Allowance-intake relations of cattle grazing vegetative tall fescue. *Grass and Forage Science*. 47: 211-219.
26. Espasandín, A. C. 1996. Características de la pastura y comportamiento de novillos pastoreando una cobertura de *Lotus corniculatus* bajo diferentes asignaciones de forraje. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 77 p.
27. Galli, J. R.; Cangiano, C. A.; Fernández, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 16(2): 119-142.
28. Goncalves, E. N.; Carvalho, P. C. F.; Kunrath, T. R.; Carassai, I. J.; Bremm, C.; Fischer, V. 2009. Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo; processo de ingestão de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38(9): 1655-1662.
29. Hodgson, J. 1982a. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. *In*: Hacker, J. B. ed. Nutritional limits to animal production from pastures. Slough, UK, Commonwealth Agricultural Bureaux. pp. 153-166.
30. \_\_\_\_\_. 1982b. Ingestive behaviour. *In*: Leaver, J. D. ed. Herbage intake handbook. Hurley, The British Grassland Society. pp. 113-137.
31. \_\_\_\_\_. 1985. Grazing behavior and herbage intake. *In*: Frame, J. ed. Grazing. Hurley, The British Grassland Society. pp. 51-64 (Occasional Symposium no. 19).

32. \_\_\_\_\_. 1990. *Grazing management; science into practice*. London, Longman. 203 p.
33. Illius, A. W.; Wood-Gush, D. G. M.; Eddison, J. C. 1987. A study of the foraging behavior of cattle grazing patchy swards. *Biology of Behaviour*. 12: 33-44.
34. \_\_\_\_\_.; Gordon, I. J. 1990. Constraints on diet selection and foraging behaviour in mammalian herbivores. In: Hughes, R. N. ed. *Behavioural mechanisms of food selection*. Berlin, Springer. pp. 369-393.
35. Jamieson, W. S.; Hodgson, J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behavior and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science*. 34: 261-271.
36. Johnson, H. 1994. Animal physiology. In: Griffiths, J. F. ed. *Handbook of agricultural meteorology*. New York, Oxford University. pp. 44-58
37. Laca, E. A. 2008. Foraging in a heterogeneous environment; intake and diet choice. In: Prins, H. H. T.; van Langevelde, F. eds. *Resource ecology; spatial and temporal dynamics of foraging*. Dordrecht, Springer. pp. 81-100.
38. \_\_\_\_\_. 2009. New approaches and tools for grazing management. *Rangeland Ecology and Management*. 62(5): 407-417.
39. \_\_\_\_\_.; Sokolow, S.; Galli, J. R.; Cangiano, C. A. 2010. Allometry and spatial scales of foraging in mammalian herbivores. *Ecology Letters*. 13: 311-320.
40. Launchbaugh, K. L.; Stuth, J. W.; Holloway, J. W. 1990. Influence of range site on diet selection and nutrient intake of cattle. *Journal of Range Management*. 43(2): 109-116.
41. Luzardo, S; Cuadro, R.; Lagomarsino, X.; Montossi, F.; Brito, G.; La Manna, A. 2014. Tecnologías para la intensificación de la cría bovina en el basalto-Suplementación infrecuente sobre campo natural y pasturas mejoradas en basalto. In: Berreta, E. J.; Montossi, F.; Brito, G. eds. *Alternativas tecnológicas para los sistemas ganaderos del basalto*. Montevideo, INIA. pp. 93-125 (Serie Técnica no. 217).
42. Montossi, F.; Risso, D.; Pigurina, G. 1995. Consideraciones sobre utilización de pasturas. In: Risso, D.; Berreta, E. J.; Morón, A. eds. *Producción y manejo de pasturas*. Montevideo, INIA. pp. 93-103 (Serie Técnica no. 80).
43. \_\_\_\_\_.; Berretta, E. J.; Pigurina, G.; Santamarina, I.; Bemhaja, M.; San Julián, R.; Risso, D. F.; Mieres, J. 1998. Estudio de la selectividad de ovinos y vacunos en diferentes comunidades vegetales de la región de Basalto. In: Seminario de

- Actualización en Tecnologías para Basalto (1998, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 257–285 (Serie Técnica no. 102).
44. \_\_\_\_\_; Pigurina, G.; Santamaría, I.; Berreta, E. J. 2000. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos. Montevideo, INIA. pp. 22-70 (Serie Técnica no. 113).
  45. Moseley, J.; Moseley, G. 1993. Laboratory methods for estimating nutritive quality; sampling and sample preparation, sampling. *In*: Davies, A. ed. Sward measurement handbook. 2nd. ed. Hurley, The British Grassland Society. pp. 266-268.
  46. Nabinger, C.; De Faccio Carvalho, P. C. 2009. Ecofisiología de sistemas pastoriles; aplicaciones para su sustentabilidad. *Agrociencia*. 13(3): 18-27.
  47. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, USA). 1976. Livestock hot weather stress; regional operations manual letter. Kansas City, Missouri. pp. 31-76
  48. Olson, K. C.; Rouse, G. B.; Malechek, J. C. 1989. Cattle nutrition and grazing behavior during short-duration-grazing periods on crested wheatgrass range. *Journal of Range Management*. 42(2): 153-158.
  49. Penning, P. D.; Parsons, A. J.; Orr, R. J.; Hooper, G. E. 1994. Intake and behavior responses by sheep to changes in sward characteristics under rotational grazing. *Grass Forage Science*. 49: 476-486.
  50. Provenza, F. D. 1995. Postingestive feedback as an elementary determinant of food preference and intake in ruminants. *Journal of Range Management*. 48(1): 2-17.
  51. \_\_\_\_\_; Villalba, J. J.; Wiedmeier, R. W.; Lyman, T.; Owens, J.; Lisonbee, L.; Clemensen, A.; Welch, K. D.; Gardner, D. R.; Lee, S. T. 2009. Value of plant diversity for diet mixing and sequencing in herbivores. *Rangeland Ecology and Management*. 31(1): 45-49.
  52. Rosengurtt, B. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo, Universidad de la República. Departamento de Publicaciones y Ediciones. 86 p.
  53. Santana Junior, H. A.; Silva, R. R.; Carvalho, G. G. P.; Silva, F. F.; Costa, P. B.; Mendes, F. B. L.; Pinheiro, A. A.; Santana, E. O. C.; Abreu Filho, G.; Trindade Júnior, G. 2014. Metodologías para avaliação do comportamento ingestivo de novilhas suplementadas a pasto. *Semina: Ciências Agrárias (Londrina)*. 35(3): 1475-1486.

54. Scarlatto, S. 2011. Conducta de vacas de cría en pastoreo de campo nativo; efecto de la oferta de forraje sobre la expresión del patrón temporal y espacial del pastoreo. Tesis MSc. en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 64 p.
55. Senft, R. L.; Coughenour, M. B.; Bailey, D. W.; Rittenhouse, L. R.; Sala, O. E.; Swift, D. M. 1987. Large herbivore foraging and ecological hierarchies; landscape ecology can enhance traditional foraging theory. *BioScience*. 37: 789-799.
56. Stobbs, T. H. 1973. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. Variation in the bite size of grazing cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*. 24(6): 809-819.
57. Stuth, J. W. 1991. Foraging behavior; grazing management an ecological perspective. *Portland, Oregon, Timber*. v.3, pp. 65-83.
58. Ungar, E. D. 1996. Ingestive behaviour. *In*: Hodgson, J.; Illius, A. W. eds. *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford, CAB International. pp. 185-218.
59. Villalba, J. J.; Provenza, F. D.; Bryant, J. P. 2002. Consequence of the interaction between nutrients and plant secondary metabolites on herbivore selectivity; benefits or detriments of plants?. *Oikos*. 97(2): 282-292.
60. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2009a. Learning and dietary choice in herbivores. *Rangeland Ecology and Management*. 62(5): 399-406.
61. \_\_\_\_\_.; Soder, K. J.; Laca, E. A. 2009b. Understanding diet selection in temperate biodiverse pasture systems. *Rangeland Ecology and Management*. 62(5): 387-388.
62. \_\_\_\_\_.; Provenza, F. D.; Catanese, F.; Distel, R. A. 2015. Understanding and manipulating diet choice in grazing animals. *Animal Production Science*. 55: 261-271.
63. Waldo, D. R. 1986. Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interactions. *Journal of Dairy Science*. 69(2): 617-631.
64. Walker, J. W.; Heitschmidt, R. K. 1989a. Some effects of a rotational grazing treatment on cattle grazing behavior. *Journal of Range Management*. 42(2): 143-148.
65. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Dowhower, S. L. 1989b. Some effects of a rotational grazing treatment on cattle preference for plant communities. *Journal of Range Management*. 42(4): 337-342.

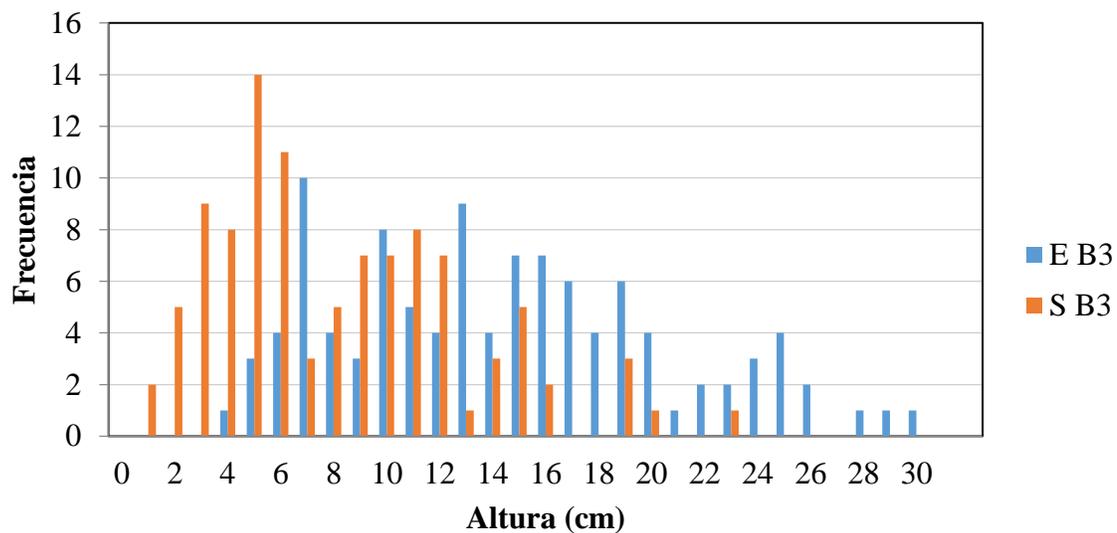
66. Wilson, J. R.; Mertens, D. R. 1995. Cell wall accessibility and cell structure limitations to microbial digestion of forage. *Crop Science*. 35: 251–259.
67. Zanoniani, R. A.; Boggiano, P. R.; Cadenazzi, M. 2011. Respuesta invernal de un campo natural a fertilización nitrogenada y ofertas de forraje. *Agrociencia* (Montevideo). 15 1:115-124.

## 9. APÉNDICES

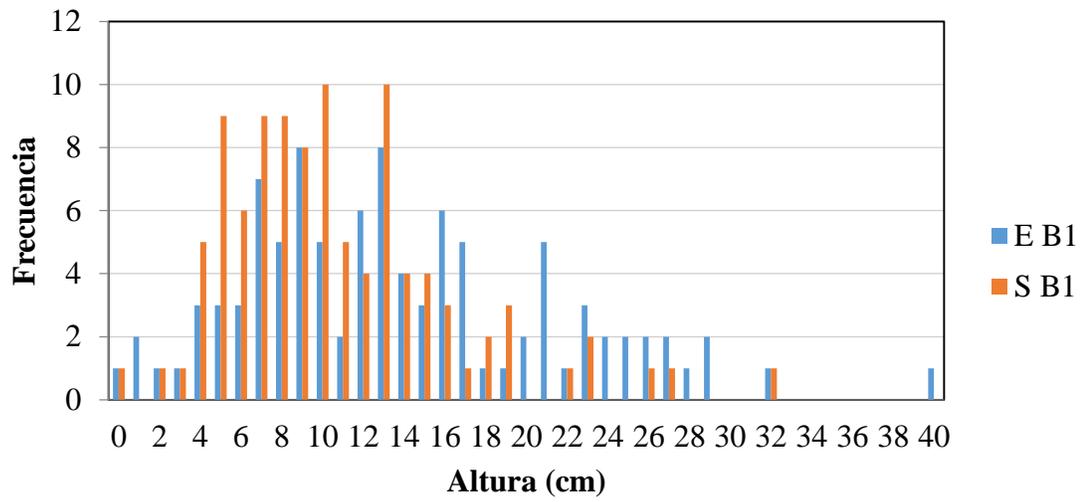
### Apéndice 1

Las siguientes figuras muestran el comportamiento de la altura en las parcelas del experimento, se presenta la información de todos los días relevados por tratamiento ordenadas por fecha.

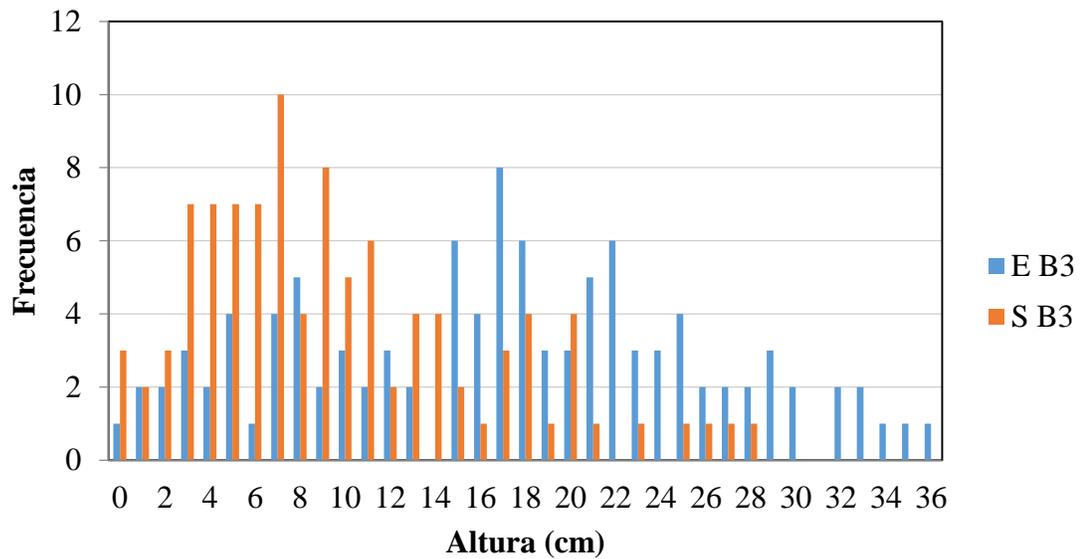
Tratamiento CN



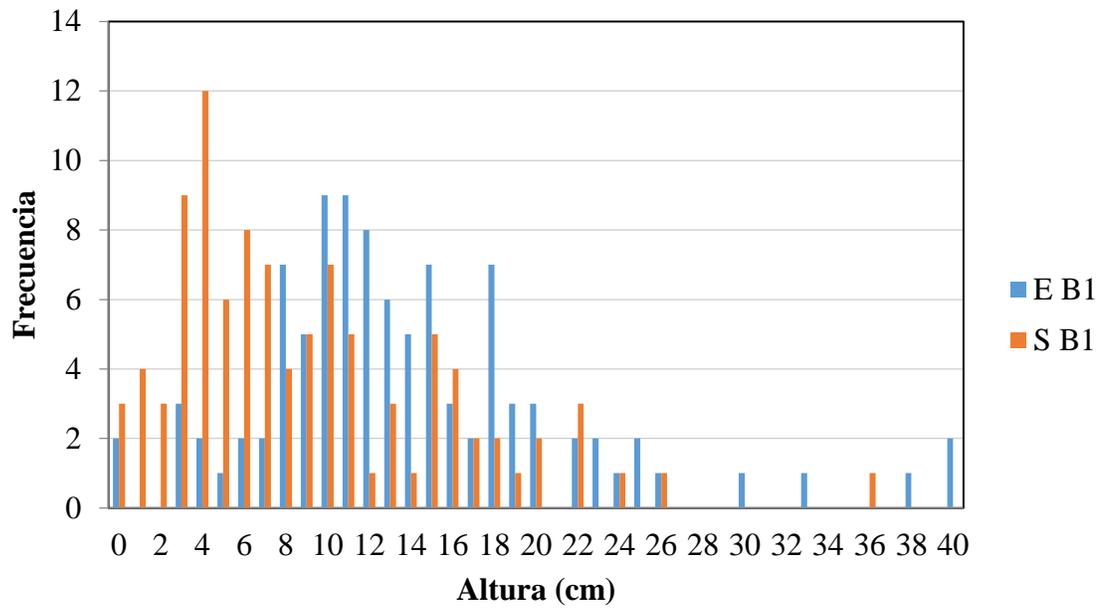
Referencias: tratamiento campo natural. E B3: entrada bloque 3 (14/10/14). S B3: salida bloque 3 (23/10/14).



Referencias: tratamiento campo natural. E B1: entrada bloque 1 (10/11/14). S B1: salida bloque 1 (17/11/14).

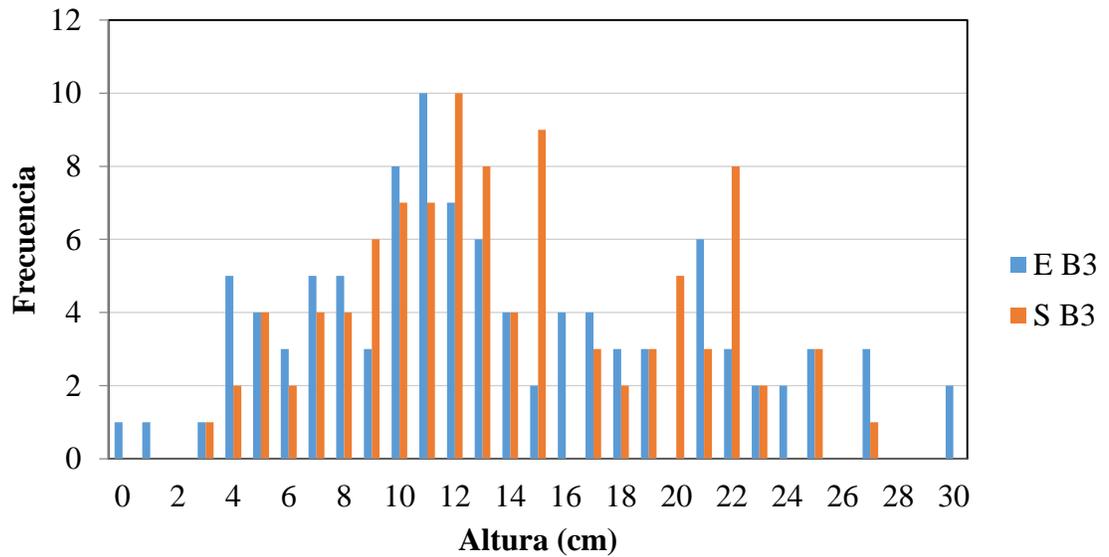


Referencias: tratamiento campo natural. E B3: entrada bloque 3 (28/11/14). S B3: salida bloque 3 (5/12/14).

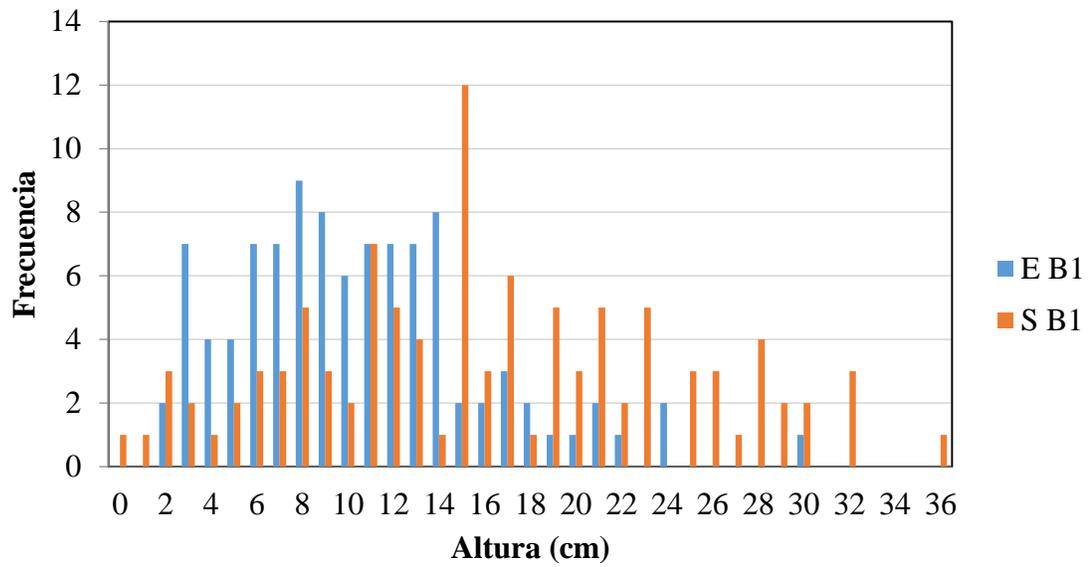


Referencias: tratamiento campo natural. E B1: entrada bloque 1 (13/12/14). S B1: salida bloque 1 (21/12/14).

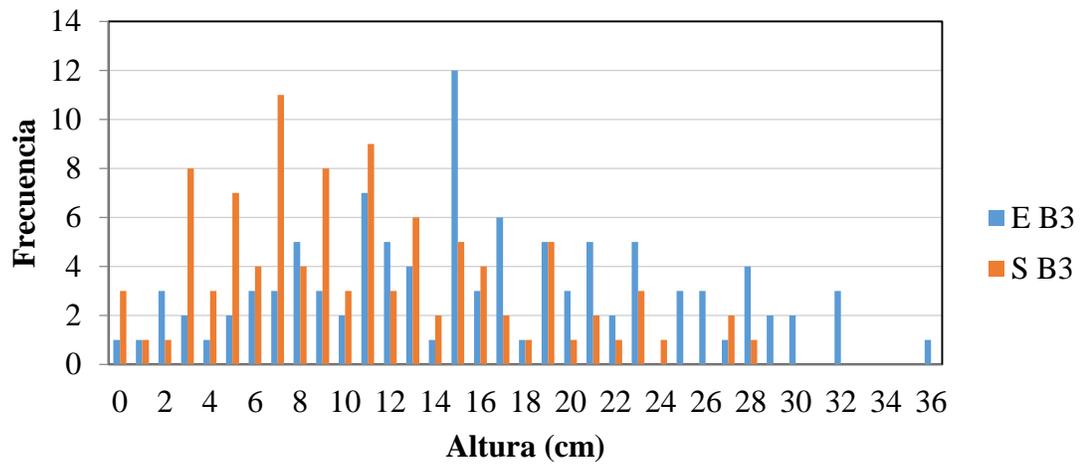
### Tratamiento CNM



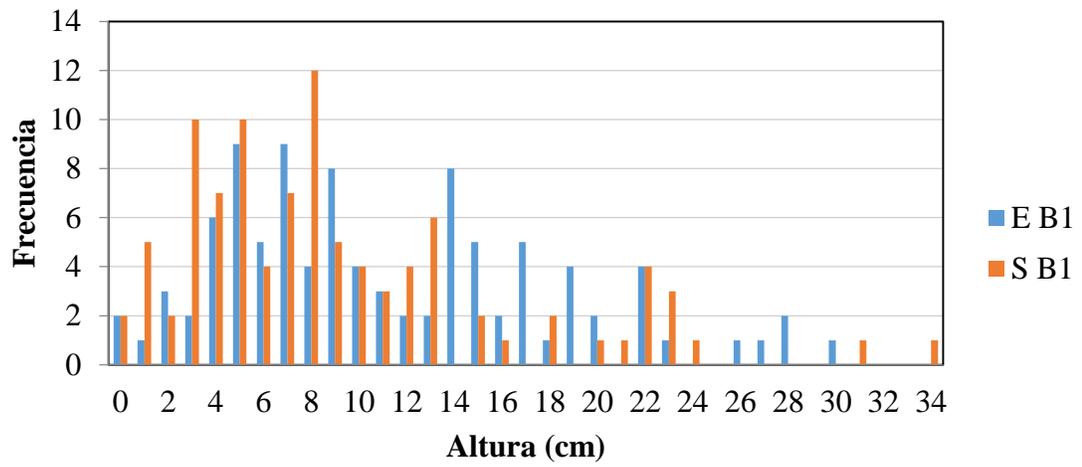
Referencias: tratamiento campo natural mejorado. E B3: entrada bloque 3 (14/10/14). S B3: salida bloque 3 (23/10/14).



Referencias: tratamiento campo natural mejorado. E B1: entrada bloque 1 (10/11/14). S B1: salida bloque 1 (17/11/14).

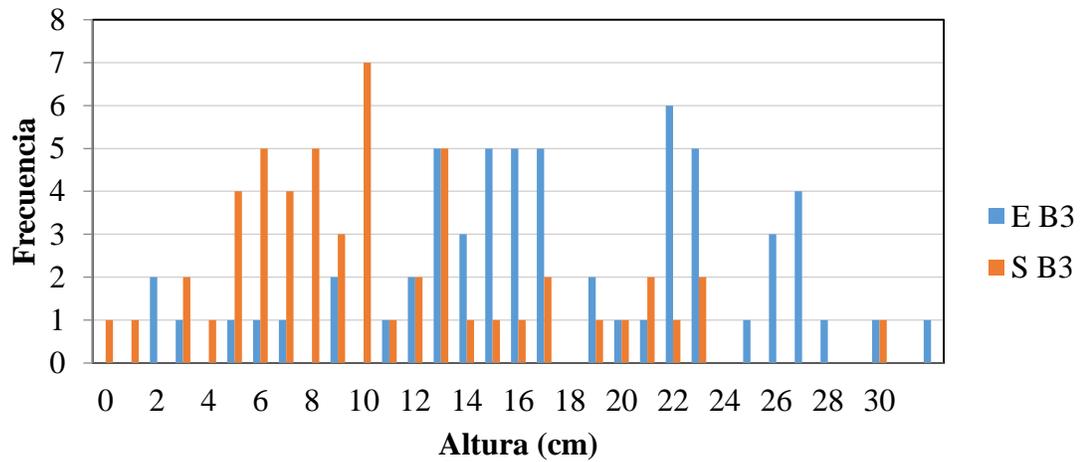


Referencias: tratamiento campo natural mejorado. E B3: entrada bloque 3 (28/11/14). S B3: salida bloque 3 (5/12/14).

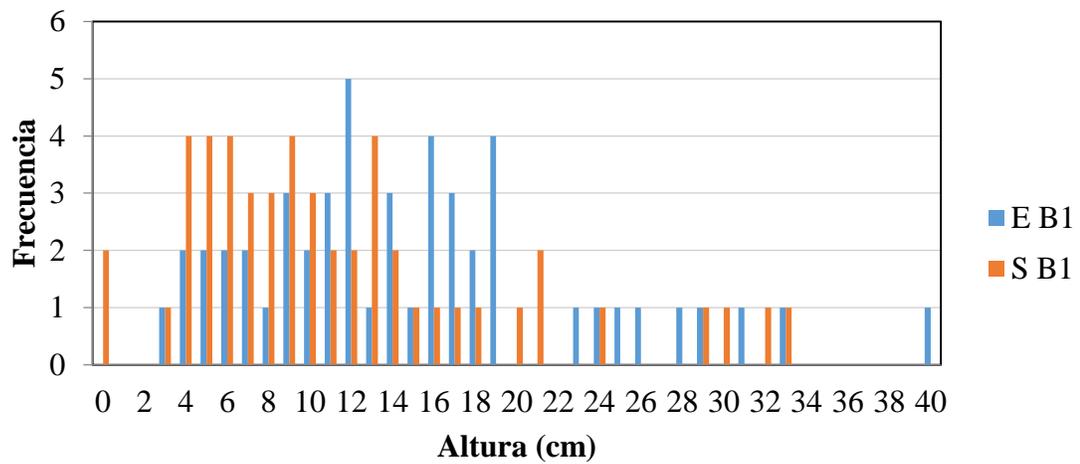


Referencias: tratamiento campo natural mejorado. E B1: entrada bloque 1 (13/12/14). S B1: salida bloque 1 (21/12/14).

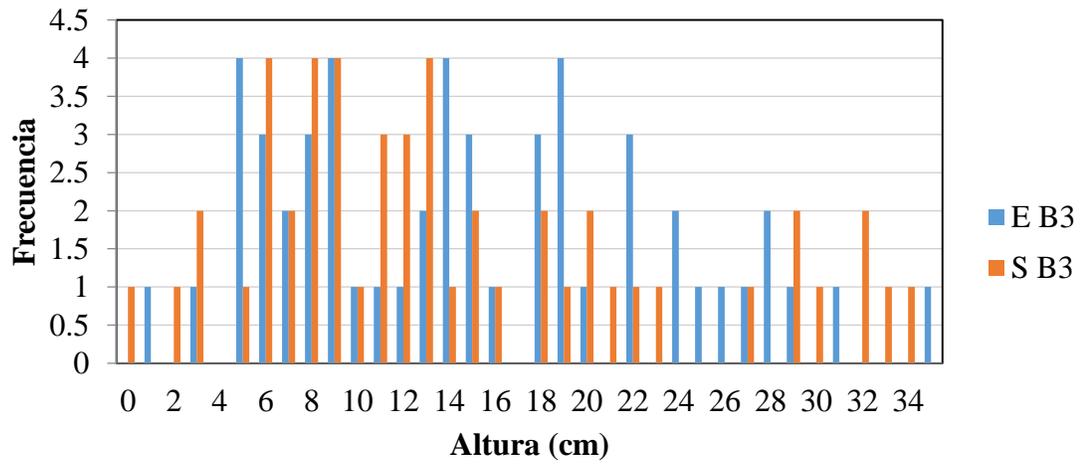
### Tratamiento 60



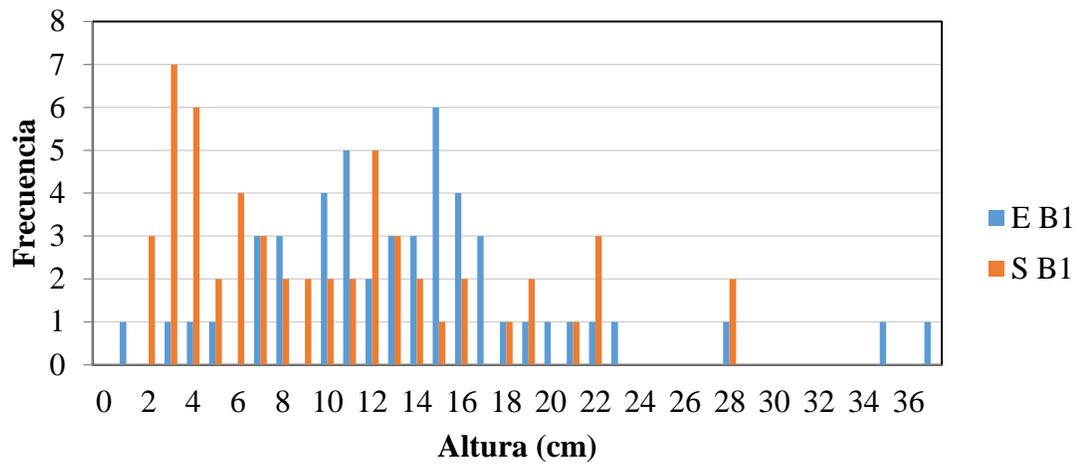
Referencias: tratamiento 60 kg/ha de N. E B3: entrada bloque 3 (14/10/14). S B3: salida bloque 3 (23/10/14).



Referencias: tratamiento 60 kg/ha de N. E B1: entrada bloque 1 (10/11/14). S B1: salida bloque 1 (17/11/14).

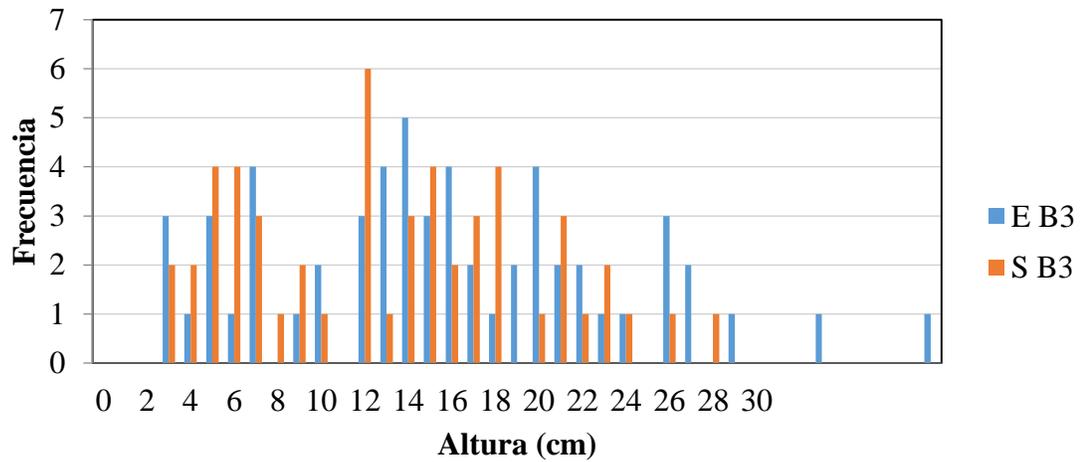


Referencias: tratamiento 60 kg/ha de N. E B3: entrada bloque 3 (28/11/14). S B3: salida bloque 3 (5/12/14).

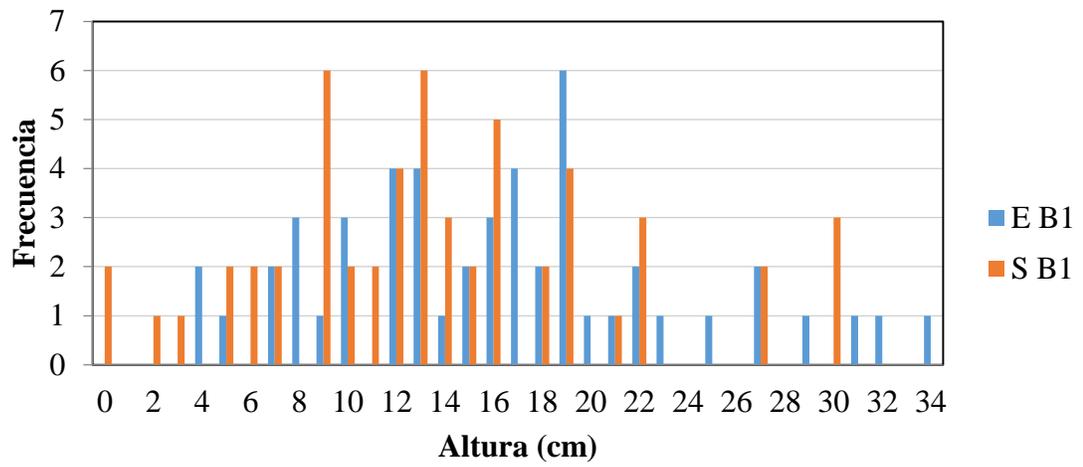


Referencias: tratamiento 60 kg/ha de N. E B1: entrada bloque 1 (13/12/14). S B1: salida bloque 1 (21/12/14).

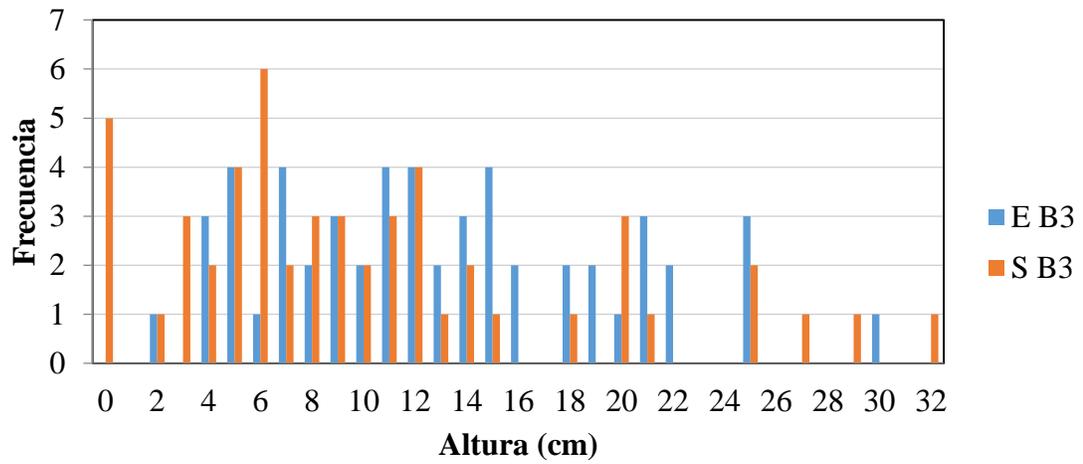
### Tratamiento 120



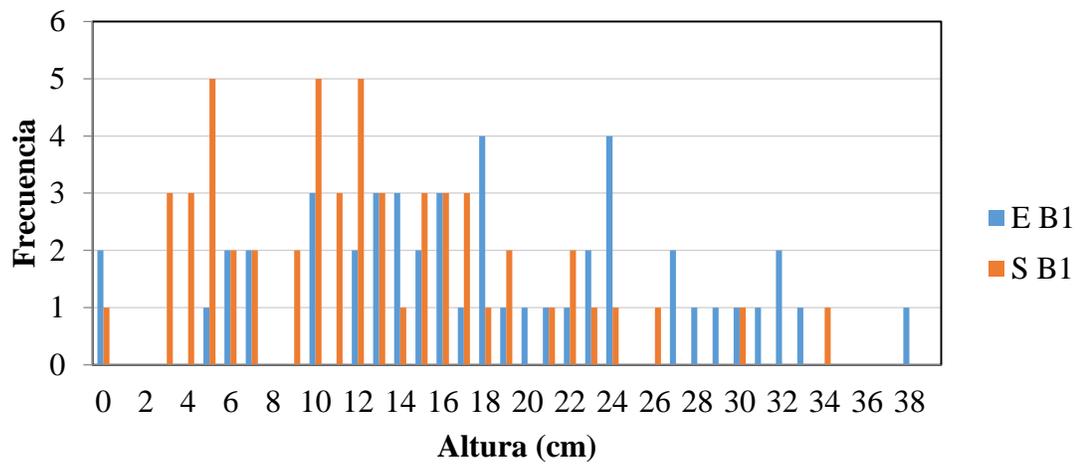
Referencias: tratamiento 120 kg/ha de N. E B3: entrada bloque 3 (14/10/14). S B3: salida bloque 3 (23/10/14).



Referencias: tratamiento 120 kg/ha de N. E B1: entrada bloque 1 (10/11/14). S B1: salida bloque 1 (17/11/14).



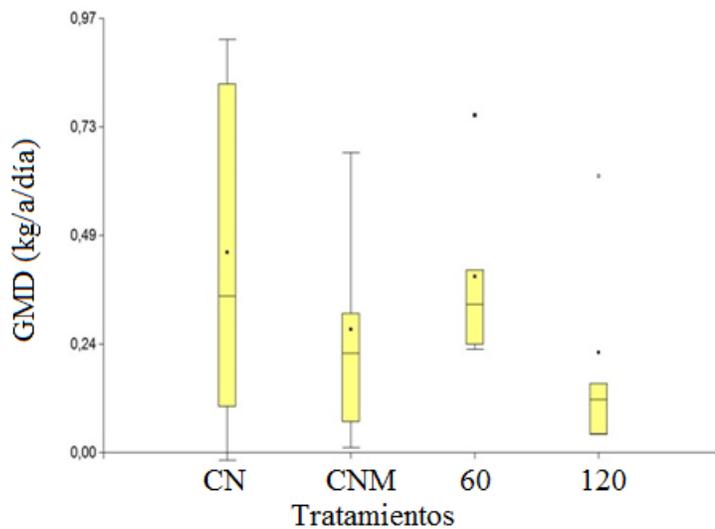
Referencias: tratamiento 120 kg/ha de N. E B3: entrada bloque 3 (28/11/14). S B3: salida bloque 3 (5/12/14).



Referencias: tratamiento 120 kg/ha de N. E B1: entrada bloque 1 (13/12/14). S B1: salida bloque 1 (21/12/14).

### Apéndice 2

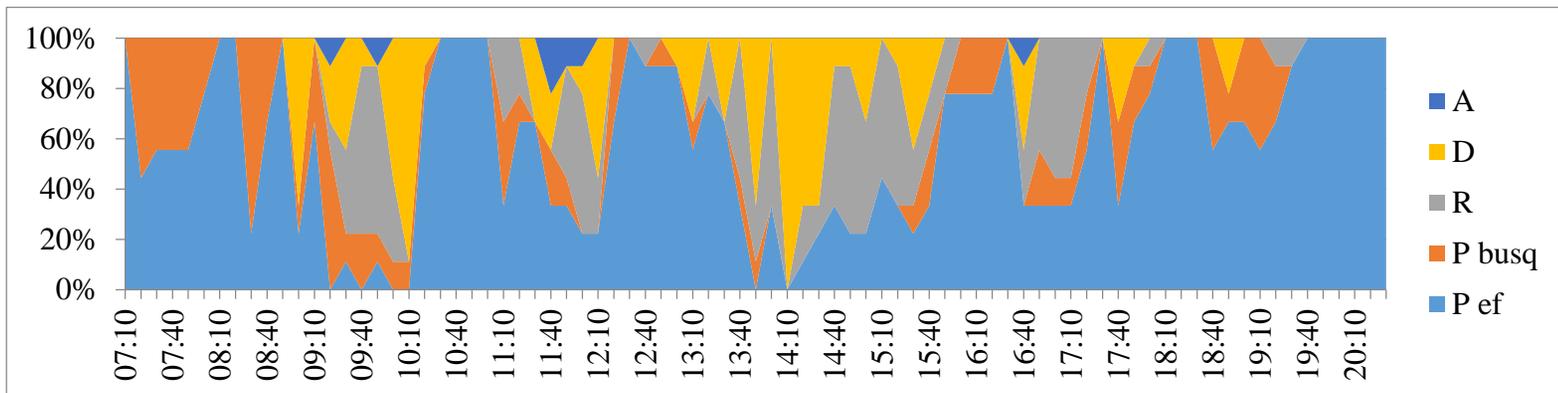
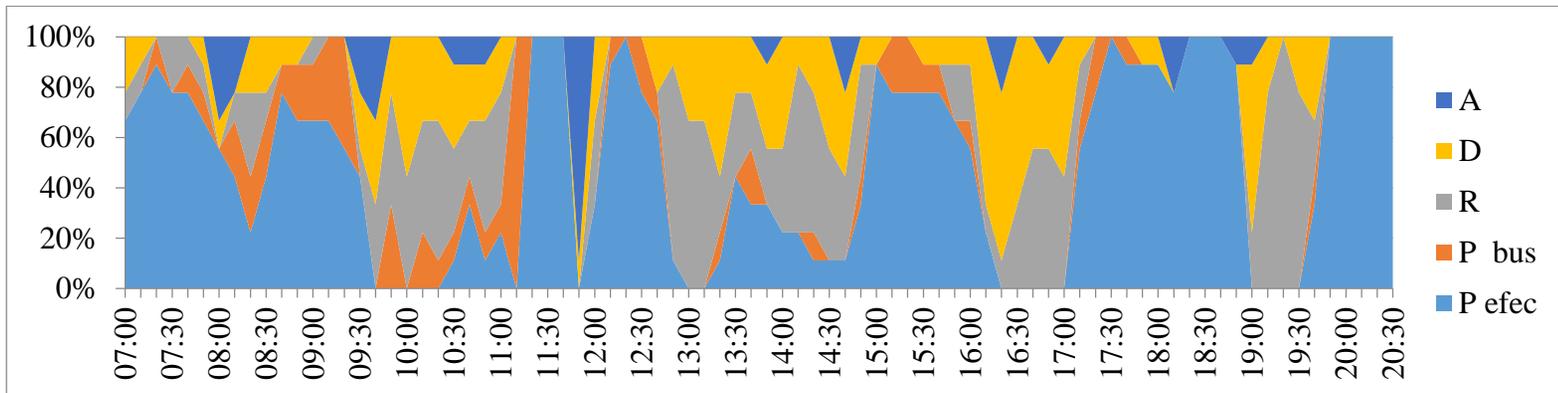
La siguiente figura corresponde a un diagrama de cajas elaborado a partir del desempeño animal en el período de evaluación por tratamiento.



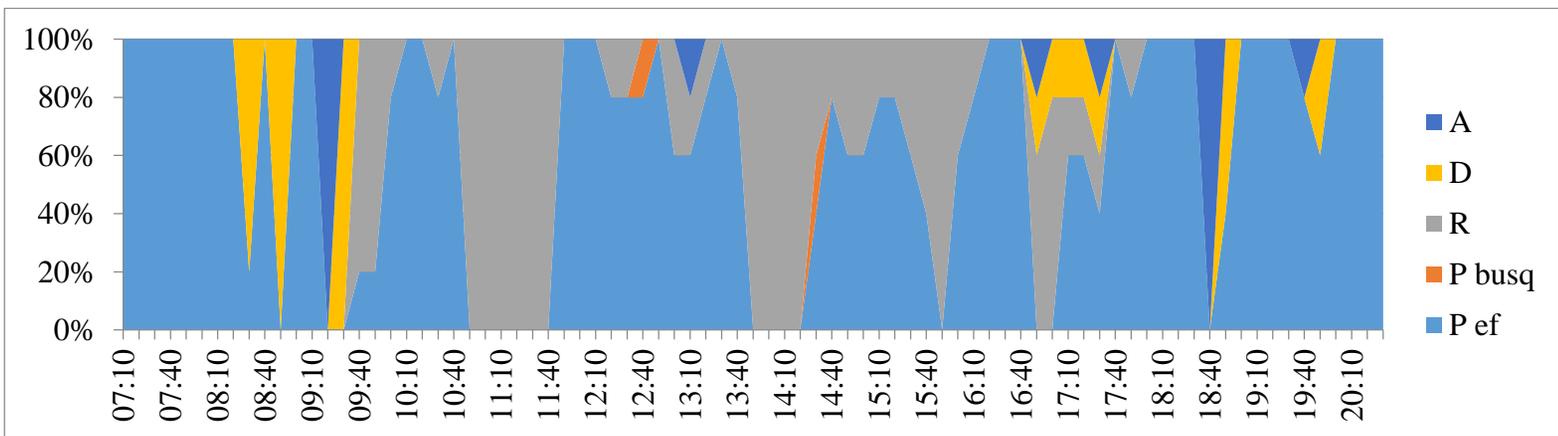
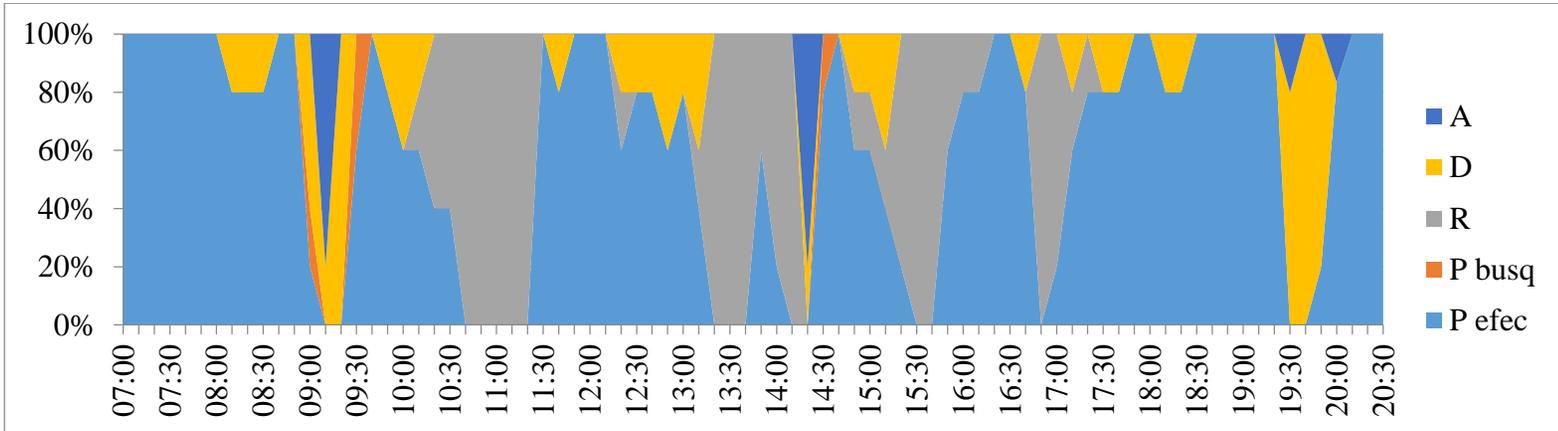
Referencias: GMD: ganancia media diaria (kg/animal/día). Tratamientos: CN: campo natural. CNM: campo natural mejorado. 60: 60 kg/ha de N. 120: 120 kg/ha de N.

### Apéndice 3

Las figuras que se presentan a continuación corresponden las distribuciones de actividades medidas en los animales a lo largo del día, se muestra una por tratamiento.



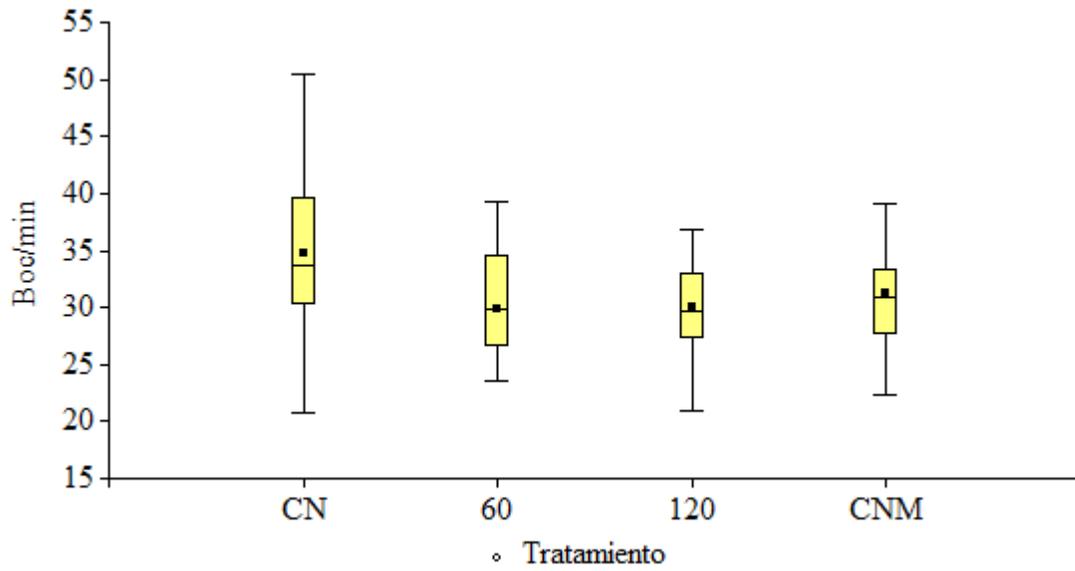
Referencias: arriba: tratamiento CN (13/12/14). Abajo: tratamiento CNM (13/12/14). A: agua. D: descanso. R: rumia. P bus: pastoreo búsqueda. P efec: pastoreo efectivo.



Referencias: arriba: tratamiento 60 (13/12/14). Abajo: tratamiento 120 (13/12/14). A: agua. D: descanso. R: rumia. P bus: pastoreo búsqueda. P efec: pastoreo efectivo.

## Apéndice 4

Tasa media de bocados por tratamiento.



Referencias: CN: campo natural, CNM: campo natural mejorado, 60: 60 kg/ha de N, 120: 120 kg/ha de N.