

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFECTO DEL ENCIERRO DIURNO DURANTE EL PERIODO ESTIVAL
SOBRE LA PERFORMANCE DE NOVILLOS HEREFORD PASTOREANDO
PRADERAS MEZCLAS EN DOS ASIGNACIONES DE FORRAJE

por

Diego CORTAZZO ARACE
Juan Pablo MARCHELLI CRAVIOTTO
Gustavo VIERA SILVERA
Andrés ZABALA STAHL

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2007

Tesis aprobada por:

Director:

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Fecha:

Autor:

Diego Cortazzo Arace

Juan Pablo Marchelli Craviotto

Gustavo Viera Silvera

Andrés Zabala Stahl

AGRADECIMIENTOS

A los directores de tesis Ing. Agr. Virginia Beretta e Ing. Agr. Alvaro Simeone por la guía y el apoyo brindado en cada una de las etapas de este trabajo.

Al Sr. Diego Mosqueira, por su colaboración en el manejo de los animales.

Al Ing. Agr. Oscar Bentancur de la Cátedra de Estadística y Cómputo por la realización del análisis estadístico de los datos recabados.

A los Ing. Agr. Enrique Cairus y Virginia Caravia, encargados de Jefatura de Operaciones de la EEMAC, por el apoyo brindado para la realización del trabajo a nivel de campo.

Al Sr. Juan González, encargado del Laboratorio 1 de la EEMAC, por el apoyo brindado en el procesamiento de muestras de forraje.

Al personal de biblioteca de Paysandú y Montevideo por brindarnos su atención y su tiempo.

A nuestros familiares, seres queridos y compañeros, por el apoyo brindado no solo en esta etapa sino que en toda nuestra carrera.

A todos... GRACIAS TOTALES!!!!!!!!!!

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	3
2.2. <u>FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO Y</u> <u>PERFORMANCE ANIMAL EN PASTOREO</u>	4
2.2.1. <u>Patrón de variación en los componentes del</u> <u>comportamiento ingestivo en pastoreo</u>	6
2.2.2. <u>Atributos de la pastura que controlan el consumo y</u> <u>performance animal</u>	9
2.2.2.1. Disponibilidad de forraje.....	10
2.2.2.2. Asignación de forraje.....	11
2.2.2.3. Estructura de la pastura.....	17
2.2.2.4. Calidad de la pastura.....	19
2.3. <u>ESTRÉS TÉRMICO</u>	21
2.3.1. <u>Elementos ambientales con potencial estresante</u>	25
2.3.2. <u>Efectos del estrés calórico</u>	27
2.3.2.1. Efecto fisiológico y comportamental.....	28
2.3.2.2. Efecto sobre los requerimientos.....	29
2.3.2.3. Efecto sobre el consumo de materia seca y el comportamiento ingestivo.....	31
2.3.2.4. Efectos en el consumo de agua.....	34

2.3.2.5. Diferencias raciales.....	35
2.3.3. <u>Respuesta productiva bajo condiciones de estrés</u>	36
2.4. MÉTODOS DE CONTROL DEL ESTRÉS.....	37
2.4.1. <u>Sombra artificial y natural</u>	39
2.4.1.1. Efecto de la sombra sobre el consumo de materia seca y el comportamiento animal.....	41
2.4.1.2. Efecto de la sombra sobre la performance animal.....	45
2.4.1.3. Instalación de sombra artificial.....	48
2.4.2. <u>Efecto del tipo de dieta en el manejo del estrés por calor</u>	49
2.4.3. <u>Suministro de agua</u>	49
2.5. ENCIERRO DIURNO COMO ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DEL ESTRÉS CALÓRICO Y SU EFECTO EN EL COMPORTAMIENTO ANIMAL.....	50
2.6. HIPÓTESIS.....	58
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	59
3.1. UBICACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL.....	59
3.2. SUELOS.....	59
3.3. CLIMA.....	59
3.4. PASTURAS.....	60
3.5. ANIMALES.....	61
3.6. TRATAMIENTOS.....	61
3.7. MANEJO ALIMENTICIO.....	62
3.8. MANEJO SANITARIO.....	62
3.9. DETERMINACIONES REALIZADAS.....	63
3.9.1. <u>Registros meteorológicos</u>	63
3.9.2. <u>Pastura</u>	64

3.9.2.1. Disponibilidad de forraje.....	64
3.9.2.2. Altura del forraje disponible.....	64
3.9.2.3. Consumo de forraje.....	65
3.9.2.4. Calidad del forraje ofrecido y del rechazado...	66
3.9.2.5. Dinámica de defoliación de la pastura.....	66
3.9.2.6. Utilización del forraje.....	67
3.9.3. <u>Animales</u>	67
3.9.3.1. Peso Vivo.....	67
3.9.3.2. Comportamiento ingestivo.....	67
3.9.3.3. Requerimientos energéticos y proteicos.....	68
3.9.4. <u>Modelo estadístico</u>	68
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	75
4.1. DATOS CLIMÁTICOS.....	75
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA.....	77
4.3. CONSUMO ANIMAL.....	82
4.4. COMPORTAMIENTO ANIMAL.....	85
4.4.1. <u>Tiempo de pastoreo, rumia, descanso y jadeo</u>	85
4.4.2. <u>Patrón diurno de pastoreo</u>	88
4.5. PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA.....	99
4.6. REQUERIMIENTOS	103
4.7. PRODUCCIÓN DE CARNE.....	104
4.8. DISCUSIÓN GENERAL E IMPLICANCIAS PRACTICAS	105
5. <u>CONCLUSIONES</u>	108
6. <u>RESUMEN</u>	109
7. <u>SUMMARY</u>	110
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	111
9. <u>ANEXOS</u>	126

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Efecto de la asignación de forraje sobre consumo de materia seca, utilización de forraje y performance animal.....	14
2. Resumen de las principales vías de producción y disipación de calor en bovinos.....	24
3. Producción de leche, consumo de materia seca y agua esperados con variaciones de la temperatura.....	32
4. Algunas características comparativas entre sombra natural y artificial.....	41
5. Respuesta animal (medida como ganancia de peso vivo o producción de leche) frente a la utilización de sombra como método para disminuir el estrés calórico en verano (resumen de resultados).....	46
6. Resumen de los resultados de experimentos sobre efectos del ayuno sobre la performance y comportamiento animal.....	52
7. Promedios históricos (1969-1990) de temperatura (máxima, mínima y promedio), humedad relativa y precipitaciones para la zona referida	60
8. Detalles de los tratamientos.....	62
9. Manejo sanitario.....	63
10. Temperatura y humedad relativa promedio, máxima, mínima del período enero marzo 2005.....	75
11. Disponibilidad (kg MS/ha), altura (cm), composición botánica, composición química del material ofrecido a cada tratamiento	77
12. Disponibilidad (kg MS/ha), altura (cm), composición botánica, composición química del material rechazado a cada tratamiento.....	79
13. Efecto de la asignación de forraje (AF) y manejo del pastoreo sobre el consumo de materia seca como porcentaje de peso vivo (PV).....	83
14. Efecto de la asignación de forraje (AF) y manejo del pastoreo sobre el consumo de materia seca como porcentaje de peso vivo (PV), estimado a partir del método agronómico (Moliterno, 1997a, 1997b), Alden y Whittaker	

(1970) y CSIRO (1994).....	84
15. Efecto de la asignación de forraje (AF) y manejo del pastoreo sobre la proporción del tiempo de horas luz que el animal dedica a las actividades de pastoreo, rumia, descanso y jadeo, mientras está en la pastura.....	85
16. Efecto de la asignación de forraje (AF) y manejo del pastoreo sobre la proporción del tiempo de horas luz que el animal dedica a la actividad de pastoreo, en relación a las 3 primeras horas de entrada a la franja.....	92
17. Efecto de la asignación de forraje (AF) y manejo del pastoreo sobre la proporción del tiempo de horas luz que el animal dedica a la actividad de pastoreo, en relación a las 3 segundas horas de entrada a la franja.....	92
18. Efecto de la asignación de forraje (AF) y manejo del pastoreo sobre la tasa de bocado (TB) promedio, al ingreso, 3 y 6 horas post ingreso a la parcela.....	97
19. Efecto de la asignación de forraje (AF) y manejo del pastoreo sobre ganancias diarias (kg/animal/día) de los animales.....	103
20. Ecuación de regresión del peso vivo (PV).....	104
21. Efecto de la asignación de forraje (AF) y manejo del pastoreo sobre los requerimientos de energía (Mcal/día) y proteína (g/día) metabólica para mantenimiento y ganancia de peso.....	101
22. Efecto de la asignación de forraje (AF) y manejo del pastoreo sobre la producción de carne por hectárea (kg carne/ha).....	105

Figura No.

1. Relación entre estado fisiológico de la pastura y producción de materia seca, digestibilidad y consumo (% PV).....	20
2. Relación entre la producción de calor en el animal y temperatura ambiental.....	22
3. Índice ITH.....	27

Gráfico No.

1. Relación entre asignación de forraje y ganancia diaria animal para las diferentes estaciones del año.....	16
2. Efecto de la asignación de forraje (AF) sobre su utilización (%) por novillos en crecimiento en pastoreo libre (PL) o con encierro diurno (CE) de 10:00 a 17:00 horas.....	81
3. Porcentaje del tiempo dedicado a la actividad de pastoreo y dinámica de defoliación a diferentes horas del día para novillos en crecimiento en pastoreo libre (PL) manejados a dos asignaciones de forraje (6 y 12% de AF).....	88
4. Porcentaje del tiempo dedicado a la actividad de pastoreo y dinámica de defoliación a diferentes horas del día para novillos en crecimiento con encierro diurno (CE) entre las 10:00 y 17:00 horas, manejados a dos asignaciones de forraje (6 y 12% de AF).....	89
5. Porcentaje del tiempo dedicado a la actividad de pastoreo y dinámica de defoliación a diferentes horas del día, para novillos en crecimiento en pastoreo libre (PL) y con encierro diurno (CE) entre las 10:00 y 17:00 horas manejados a dos asignaciones de forraje (6 y 12% de AF).....	90
6. Porcentaje del tiempo dedicada a la actividad de pastoreo e Índice de Temperatura y Humedad (ITH), para novillos en crecimiento en pastoreo libre (PL), manejados a dos asignaciones de forraje (6 y 12% AF) a lo largo del período experimental.....	94
7. Porcentaje del tiempo dedicada a la actividad de pastoreo e Índice de Temperatura y Humedad (ITH), para novillos en crecimiento con encierro diurno (CE) entre las 10:00 y 17:00 horas, manejados a dos asignaciones de forraje (6 y 12% AF) a lo largo del período experimental.....	95
8. Porcentaje del tiempo dedicado a la actividad de jadeo, e Índice de Temperatura y Humedad (ITH) para novillos en crecimiento, en pastoreo libre (PL) y con encierro (CE) entre las 10:00 y 17:00 horas, manejados a dos asignaciones de forraje (6 y 12% de AF) a lo largo del período experimental.....	96

9. Evolución del peso vivo de los animales para los diferentes tratamientos.....100

1. INTRODUCCIÓN

La producción de las pasturas en el Uruguay, tanto naturales como sembradas, presenta fluctuaciones estacionales y entre años en la cantidad y calidad del forraje ofrecido, dada por la variación de las condiciones ambientales (fundamentalmente temperatura del aire y humedad del suelo) y por el cambio en el estado fenológico de las pasturas. Esto hace que las producciones de carne en los predios dedicados al engorde de bovinos y de base netamente pastoril, acompañe estas variaciones.

Es así que en los sistemas intensivos de engorde de vacunos a pasto del litoral oeste uruguayo se registran bajas ganancias diarias de peso vivo durante el período estival en novillos pastoreando praderas de especies templadas. En esta época, aun con manejos a bajas cargas, hasta 9 kg de materia seca (MS) cada 100 kg de peso vivo (PV), y suplementación con grano de maíz, no se han logrado ganancias diarias (GD) superiores a los 700 a 800 g/día en novillos pastoreando praderas mezclas de especies templadas. Las altas temperaturas del verano podrían estar determinando un bajo consumo voluntario y un incremento en el gasto de mantenimiento por termorregulación, afectando negativamente el balance energético animal.

Cambios en el manejo del pastoreo que mejoren el confort térmico del animal podrían impactar positivamente sobre la performance durante el período estival. Es así que el encierro diurno en corrales con acceso a agua y sombra, durante las horas de mayor radiación solar y altas temperaturas, contribuiría a disminuir el estrés de los animales, sobre todo en potreros donde los animales no pueden acceder en forma natural a estas condiciones. Sin embargo, el encierro provoca una disminución en el tiempo de acceso a la pastura por parte de los animales, lo que podría generar una disminución en el consumo de materia seca y por lo tanto en la performance animal.

Algunos antecedentes marcan que el encierro de los animales sin acceso a alimento provoca un efecto de ayuno, compensando el menor tiempo de acceso a la pastura con una mayor tasa de bocado y sobre todo un mayor peso de bocado al retomar el pastoreo, haciendo que el consumo no se vea deprimido (Patterson et al., 1998).

El consumo de materia seca (CMS) de forraje no fue afectado bajo este tipo de manejo cuando los animales pastorearon al 6% de asignación de forraje (AF) (Beretta et al., 2005). Sin embargo la capacidad de compensación podría verse afectada cuando la oferta de forraje se incrementa cuando el testigo tiene mayor AF, permitiendo acceder a un mayor CMS y mayor oportunidad de selección.

Em base a los antecedentes planteados, el objetivo de este trabajo fue evaluar, el efecto de dos manejos de pastoreo: pastoreo con encierro diurno en corrales con sombra (CE, entre las 10:00 y las 17:00 horas, donde los animales eran retirados de la pastura para un corral con sombra y agua), o pastoreo libre (PL, los animales permanecían todo el día en la parcela, sin sombra), sobre la ganancia diaria (GD) y el consumo de materia seca (CMS) de novillos Hereford pastoreando praderas sembradas de *Trifolium repens*, *Festuca arundinacea* y *Lotus corniculatus* en dos asignaciones diarias de forraje (6 y 12% de AF). A su vez, la interacción del manejo del pastoreo con la AF (6 y 12% de AF) como hipótesis de que esta compensación (por el menor tiempo de acceso a la pastura) puede verse reducida cuando el testigo tiene mayor AF, permitiendo acceder a un mayor CMS y mayor oportunidad de selección

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUCCIÓN

En el país, las condiciones de humedad y temperatura durante la estación de verano no son las más adecuadas para un óptimo desarrollo de las especies templadas (Vaz Martins, 2000). Esto determina una disminución en la producción y calidad en las pasturas mejoradas, llevando a una fuerte caída de la ganancia de peso vivo de vacunos en crecimiento, disminuyendo marcadamente la productividad estival de los sistemas intensivos de engorde de ganado de carne en el Uruguay (Simeone, 2000).

Esta reducción en la ganancia de peso animal es consecuencia de un menor CMS causado por la calidad de los forrajes, que en esta estación cae drásticamente (Lopez Da Silva y Bozzone, 2000), y por el efecto del estrés térmico sobre los animales, aumentando los requerimientos de energía metabólica de mantenimiento (EMm) como forma de compensar el calor (Rosso, 2004).

De los antecedentes que existen en Uruguay (Baldi et al. 2001, Rovira 2002, Simeone 2005, Simeone y Beretta 2005, Beretta et al. 2005) sobre el “problema del verano” en bovinos de carne, se concluye que existe respuesta frente al manejo de la dieta y frente a modificaciones del ambiente como forma de disminuir dicho problema.

Baldi et al. (2001), Simeone (2005) muestran la baja respuesta animal frente a aumentos en la AF (entre 3 y 9% de AF) bajo condiciones de pastoreo, y un aumento en la performance animal al incluir energía en la dieta (Baldi et al., 2001), señalando problemas en la calidad de la pastura. Beretta et al. (2005), señalan mayores GD en animales encerrados con sombra y agua entre las 10:00 y 16:00 horas, frente a aquellos que pastoreaban libremente sin acceso a sombra, lo que indica alguna mejora en el

confort animal. Rovira (2002), también encontró mayores GD en animales que tenían disponibilidad de sombra en la parcela frente a aquellos que no.

Beede y Collier (1986) reportaron tres esquemas básicos de manejo para reducir los efectos del estrés térmico: modificación física del ambiente, desarrollo genético de animales menos sensibles al calor, y manejo nutricional; propuestas que coinciden con lo expresado por Giraudó (2003).

En función de la problemática planteada, esta revisión fue organizada sobre la base de tres aspectos principales: i) factores determinantes del consumo voluntario en pastoreo especialmente los relativos a las características de las pasturas y estrés térmico y su incidencia sobre la performance animal; ii) elementos ambientales de potencial estresante y su incidencia sobre aspectos comportamentales, y requerimientos energéticos, entre otros; iii) estrategias para el manejo tendientes a revertir los efectos negativos del estrés térmico.

2.2 FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO Y PERFORMANCE ANIMAL EN PASTOREO

El consumo animal tiene una importancia muy elevada sobre la performance animal, ya que el mismo explica el 70% de la ganancia de peso, siendo el 30% restante atribuido a la eficiencia con que se digieren y metabolizan los nutrientes (Waldo, 1986). La relación entre consumo y ganancia de peso se encuentra afectada por factores intrínsecos, producto de la variabilidad animal, ya sea raza, hábitos alimenticios o potencial productivo, y por factores extrínsecos, producto de la calidad de la dieta ofrecida, prácticas de manejo y el estrés calórico (Forbes 1988, Ungar, Jarrige et al., citados por Aguilar et al. 2000).

Poppi et al. (1987), a su vez señala que el consumo es afectado por la existencia de factores no nutricionales, tales como la habilidad de los animales para cosechar la pastura, siendo los de mayor importancia la conducta de pastoreo de los animales y la selección, y factores nutricionales como la digestibilidad de la pastura, tiempo de permanencia del alimento en el rumen y la concentración de productos finales de la digestión ruminal, que están afectando el consumo animal. Estos factores (nutricionales y no nutricionales) están determinados por la disponibilidad de materia seca (kg MS/ha), altura del forraje (cm), presión de pastoreo (kg MS/animal/día) y forraje remanente (kg MS/ha), teniendo estos una relación curvilínea con el consumo. En la parte ascendente de la curva, la habilidad del animal para cosechar el forraje, parece ser el factor más limitante en determinar el consumo. Estos factores están influenciados por la estructura de la pastura y el comportamiento en pastoreo de los animales, el cual incluye la selección de la dieta, el tiempo de pastoreo, tamaño de bocado y tasa de bocado. En esta parte de la curva el consumo es altamente sensible a cambios en la cantidad de forraje ofrecido. En cambio en el plateau de la curva los factores nutricionales, tales como la digestibilidad, el tiempo que el alimento permanece en el rumen y la concentración de los productos metabólicos parecen ser importantes como factores que controlan el consumo.

Según De León (2004), existen tres características de la pastura que definen el consumo de materia seca digestible (CMSD) y que se relacionan en forma directa con la ganancia de peso del animal, estas características son:

- La cantidad de forraje disponible
- La calidad de la oferta forrajera
- La estructura o distribución espacial de los componentes de la pastura.

El (CMSD) sintetiza los dos componentes principales de la respuesta animal que son su consumo de materia seca y la digestibilidad del forraje consumido. Es necesario destacar también que esta cantidad y calidad de la dieta cosechada por los animales, es la resultante de un comportamiento ingestivo selectivo por parte del animal. Esto quiere

decir en primer lugar, que los animales buscan y seleccionan el alimento de mayor valor nutritivo, y en la medida que la pastura se lo permita, seleccionaran hojas en lugar de tallos y material verde rechazando al seco. Esto hace que en general, la dieta cosechada sea de mayor calidad que el forraje total disponible y este comportamiento selectivo puede ser una herramienta de manejo para optimizar la producción ganadera.

Estas tres características de la pastura que determinan la respuesta animal evolucionan de forma diferente a lo largo del año, encontrándose producciones de materia seca para praderas de segundo año de festuca, trébol blanco y lotus de 2.0, 1.8, 3.8, y 1.4 tt MS/ha para otoño, invierno, primavera y verano respectivamente (Carámbula et al., citados por García, 1996). Pero estos niveles de producción no tienen coincidencia con los parámetros de calidad (digestibilidad) para las diferentes estaciones, siendo el forraje de mayor calidad el invernal y el de menor el estival (67, 74, 70, 60 %, para otoño, invierno, primavera y verano respectivamente, Leborgne, 1984). Esta menor calidad del forraje en verano se da por que las pasturas alcanzan la madurez, disminuyendo así su valor nutritivo, provocando una disminución en la degradación ruminal y lentas tasas de pasaje a nivel del tracto gastrointestinal, limitando así el consumo por mecanismos de tipo físico (Flamenbaum, 1997). Esta limitación del consumo esta asociado en esta estación a una reducida motilidad ruminal, baja tasa de rumia, y un mayor consumo de agua, que llevan en forma asociada a un mayor llenado ruminal y por lo tanto a reducir el consumo (Warren et al., 1974).

2.2.1 Patrón de variación en los componentes del comportamiento ingestivo en pastoreo

Bajo condiciones de pastoreo el comportamiento animal tiene gran influencia en la cantidad de forraje ingerido (Leaver, Hugues et al., citados por Garin, 1993). Es así que Allden y Whittaker (1970), expresan que el consumo de materia seca (g/día) en pastoreo es el resultado del producto entre la tasa de consumo (g/hora) y el tiempo de pastoreo (horas/día). La tasa de consumo a su vez ha sido expresada como el producto

del peso de cada bocado individual (g/bocado) por el número de bocados por hora (bocados/hora). Ungar (1996) señala que el peso de bocado es el resultado del producto entre la profundidad del bocado, el área de bocado, y la densidad del horizonte de pastoreo, y es el factor que explica gran parte de la variación en el consumo; y la tasa de bocado esta explicado por la altura y densidad de la pastura.

El peso o tamaño de bocado no puede ser predeterminados a partir de la disponibilidad de forraje, la descripción de la pastura (altura, densidad, altura de las vainas) e imprescindibles para comprender y cuantificar la ingestión de forraje por los animales en pastoreo (Chilibroste, 1999). Dentro de las variables de la pastura que mas afectan el consumo se encuentra la altura del forraje (Forbes, 1987), por estar directamente relacionada con el peso de bocado (principal determinante en el consumo) (Chilibroste, 2002). A mayor altura de la pastura existe una distribución espacial mas favorable del forraje, implicando esto una mayor facilidad de prehensión y consecuentemente un mayor peso de bocado (Allden y Whittaker 1970, Jamieson y Hodgson 1979).

Wales et al. (1998) indican que existen a su vez tres factores adicionales que deben ser considerados al momento de predecir el consumo, que son la densidad de la pastura, la presencia de barreras físicas a la cosecha de forraje, y el contenido de humedad del forraje. Chilibroste (1999) señala que pasturas con porcentajes de MS menores a 18, deprimen el consumo de materia seca.

Todo esto relacionado a su vez con que los vacunos exhiben a lo largo del día un patrón básico de comportamiento en pastoreo (Hodgson, 1990), donde se distinguen tres o eventualmente cuatro sesiones de pastoreo, ubicándose las mas importantes en la mañana temprano y al final del día (Rook et al. 1994, Gibb et al. 1998). Similares resultados encontraron Penning et al. (1991), Orr et al. (1997), trabajando con ovinos. El resto del día, el pastoreo es intermitente y los animales descansan o rumian (Fraser y

Broom, citados por Ávila Pires et al., 2000). Como término medio se ha determinado que el 70% del tiempo de pastoreo ocurre durante el día y el restante 30% en la noche (Wagnon et al., citados por Rovira, 1996). A su vez Laca et al. (1994) señala que los animales realizan una maximización de la cosecha de forraje en la tarde, en donde combinan altas tasas de consumo con la sesión de pastoreo mas larga. Estas altas tasas de consumo se logran a través de reducir los bocados destinados a manipulación y/o masticación del forraje durante la ingestión.

Ávila Pires et al. (2000), Fraser y Broom, citados por Betancourt et al. (2005), indican que la rutina diaria del comportamiento en pastoreo envuelve varias fases comportamentales: la actividad de pastoreo, rumia, movilización y ocio. El tiempo usado por el animal en la actividad de pastoreo es de aproximadamente 8 horas, pudiendo variar entre 4 a 14 horas/día, y Arnold, citado por Rovira (1996) indica que este tiempo esta muy influido por los requerimientos del animal, por la cantidad y calidad del forraje, por el ritmo con el que come y por el tamaño de cada bocado. El tiempo de pastoreo parece ser el mayor mecanismo de compensación por el cual los animales pueden incrementar su consumo diario (Chilibroste, 1999).

El tiempo total de rumia puede variar de 4 a 9 horas, siendo dividido en periodos con duraciones que van desde unos pocos minutos a una hora o más, igualmente el pico de este comportamiento ocurre después del atardecer, reduciéndose continuamente hasta poco antes del amanecer, cuando el pastoreo recomienza (Fraser y Broom, citados por Ávila Pires et al., 2000).

El periodo en que los animales no están comiendo, rumiando o ingiriendo agua, es definido como tiempo de ocio o de descanso, reportándose una variación en esta actividad en el rango de 5 a 12 horas por día (Ávila Pires et al. 2000, Betancourt 2005).

Pires et al., Werneck et al., citados por Ávila Pires et al. (2000) presentan datos de tiempos de pastoreo, rumia y ocio sobre las 24 horas del día para vacas holandesas en las estaciones de verano e invierno sobre pasturas irrigadas de alfalfa, coast-cross y pasto elefante, encontrando que el tiempo de pastoreo siempre fue mayor en invierno con respecto al verano para alfalfa y coast-cross (8:30 horas vs 6:00 horas para alfalfa y 7:48 vs 5.54 para coast-cross), en cambio el pasto elefante no mostró diferencias significativas al comparar invierno y verano (8:09 vs 8:39). Los tiempos de rumia no mostraron un patrón claro, fue significativamente mayor en invierno que en verano para coast-cross (5:12 vs 3:36), en cambio para alfalfa y pasto elefante no existieron diferencias entre estaciones (4:18 vs 3:54 y 3:08 vs 2:24). Esto determinó que para alfalfa y coast-cross el tiempo de ocio fuera menor en invierno que en verano (8:00 vs 11:24 y 5:12 vs 9:12), mientras que en pasto elefante el tiempo de ocio fue mayor en invierno que en verano (11:16 vs 8:11). Estos datos indican que existen atributos del ambiente y de la pastura que están afectando el comportamiento animal, y por lo tanto modifican el consumo.

2.2.2 Atributos de la pastura que controlan el consumo y performance animal

La pastura y el rumiante en pastoreo interaccionan de forma dinámica, por un lado están los aspectos físicos-químicos y morfológicos de la pastura que influyen sobre el material ingerido por el animal, y por otro lado el forraje removido determina el material remanente que marcará la capacidad de rebrote de la pastura. A su vez, los nutrientes que son extraídos y utilizados por el animal involucran una nueva interacción entre el animal-alimento-población microbiana, que esta determinada por las características de las pasturas y por el comportamiento ingestivo animal, llevando así a determinar la eficiencia de producción en pastoreo (Chilibroste, 2002). Es así que, características de las pasturas tales como el forraje disponible, estructura vertical de la pastura, y especies forrajeras son los principales factores en determinar el consumo y por consiguiente la performance animal (Poppi et al., 1987).

2.2.2.1 Disponibilidad de forraje

Existe una marcada relación positiva entre disponibilidad de forraje y consumo del animal en pastoreo, y en que la disponibilidad de forraje es uno de los factores mas importantes que afectan el consumo (Jamieson y Hodgson 1979, Arnold y Dudzinski, citados por Rovira 2002), esta respuesta del consumo a la disponibilidad de forraje es de tipo curvilínea (Allden y Whittaker 1970, Jamieson y Hodgson 1979), aunque otros autores han encontrado respuestas de tipo lineal (Mac Lusky, Bryoster, citados por Bianchi, 1982), dependiendo de los niveles de disponibilidad manejados. Hodgson (1971) señala que cuando la disponibilidad resulta menor a 2000-2500 kg MO/ha el consumo se reciente.

Según Minson, citado por Rovira (1996), se puede expresar como regla general que una vez que la disponibilidad de forraje es dos veces menor al máximo consumo posible se empieza a producir un brusco descenso en la cantidad de forraje consumido. Este fenómeno a su vez se asocia con una reducción en el tiempo de pastoreo, en la velocidad en que se suceden los bocados y en el tamaño de cada bocado. A su vez, Chacon y Stobbs (1976), Forbes (1988), señalan que en la medida que disminuye la cantidad de pasto, la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo son las variables compensatorias para intentar mantener el consumo diario de forraje, pero en etapas tardías de defoliación de la pastura ambas variables declinan.

Sin embargo Reardon (1977), trabajando en primavera con novillos de 16 meses de edad y un peso promedio de 323 kg, encontró que con asignación fija (10, 15, 22.5 y 33.8 kg MS/animal) ocurrieron disminuciones en el consumo al aumentar la disponibilidad (2000, 3000 y 4000 kg MS/ha), explicado por una modificación en la estructura de la pastura, al cambiar el estado fenológico.

Buchanan-Smith et al. (1998), en un experimento realizado en Ontario durante tres años consecutivos en donde se evaluaron los cambios estacionales sobre la cantidad, calidad, composición botánica, consumo de MS y performance animal de vacas y terneros entre los meses de mayo a octubre, no encontraron en verano una asociación consistente entre disponibilidad de MS, consumo y/o performance animal.

Es así que la relación existente entre disponibilidad de MS, consumo y por lo tanto en performance animal variará con el tipo de pastura, calidad, composición botánica y estructura física de la pastura (Willoughby, citado por Bianchi, 1982).

A niveles de consumo por debajo del máximo posible, el incremento en disponibilidad de forraje producirá aumentos en la ganancia diaria por animal (Mott, Hulletal, Greenhalgh et al., citados por Bianchi, 1982). Esta respuesta muestra relaciones de tipo lineal según Seigal, Marsh, Chacon et al., Rattray et al., citados por Bianchi (1982) y de tipo asintóticas (Allden y Whittaker 1970, Jamieson y Hodgson 1979, Marsh, Rattray y Jagusch, citados por Bianchi 1982), dependiendo de la disponibilidad manejada, la cual afectará el consumo (ya sea en forma lineal o asintótica) y por lo tanto la performance animal.

Igualmente se ha encontrado una mayor respuesta de ganancia diaria animal en relación con la disponibilidad de MS de la fracción verde que con la disponibilidad de MS total (Willoughby, Yates et al., Seigal, t`Mannetje, Mears y Humpheys, Chacon et al., citados por Bianchi, 1982).

2.2.2.2 Asignación de forraje

Chacon y Stobbs (1976), Hodgson (1981), Cangiano y Gómez (1985), Forbes (1988), Cangiano et al. (1997a), afirman que un aumento en la asignación de forraje

(AF) permite a los animales lograr un mayor consumo a través de mantener a lo largo de la sesión de pastoreo un mayor tamaño de bocado.

Wales et al. (1998), encontraron en una serie de 3 experimentos con vacas en lactancia media, que con AF entre 15 a 40 kg MS/vaca/día el consumo se incrementó en forma lineal de 8 a 14 kg MS/vaca/día, y con AF de 20 a 70 kg MS/vaca/día el incremento se dio en forma curvilínea de 8 a 17 kg MS/vaca/día. Así mismo, Dalley et al. (1999) trabajando con AF entre 20 a 70 kg MS/vaca/día encontró una respuesta curvilínea entre AF y consumo, con un plateau en 55 kg MS/vaca/día.

El mayor consumo y la mayor capacidad de selección al aumentar la asignación de forraje (Wales et al., 1998), explicarían el incremento en la ganancia de peso al aumentar la asignación de forraje. Sin embargo Spedding, Joyce y Brunswick, citados por Bianchi (1982) señalan que al disminuir la presión de pastoreo el aumento en la ganancia diaria animal se debe a un mayor consumo y no a una mayor calidad de la dieta.

Por otra parte Dalley et al. (1999), no encontraron una relación entre la selección diferencial de nutrientes y la AF, y hallaron que independientemente de la AF las vacas seleccionaban una dieta de aproximadamente un 10% más de digestibilidad y 30% más de proteína cruda respecto de lo ofrecido.

Wales et al. (1998), Dalley et al. (1999) señalan que las diferencias a diferentes asignaciones sobre la calidad de lo consumido varía también con la estación, es así que existe un efecto más importante de la AF sobre el consumo en primavera que en verano, debido principalmente al importante descenso en las características nutritivas que ocurren en verano.

Dalley et al. (1999), plantean que el descenso del consumo y por lo tanto en la performance animal cuando se manejan bajas AF se debe a una menor tasa de consumo y no tanto a un menor tiempo de pastoreo. Esta disminución en la tasa de consumo estaría explicada por un menor tamaño de bocado y una menor tasa de bocado al manejar bajas AF. Le Du et al. (1979), Jamieson y Hodgson (1979) destacan también que a bajas AF los animales consumen a altas tasas de consumo al ingresar a la franja, pero no incrementan el tiempo dedicado al pastoreo ya que esperan el cambio a una nueva franja. Wales et al. (1998), tampoco detectaron diferencias en el tiempo de pastoreo en función de la asignación.

A medida que se asignan mayores cantidades de forraje por animal, si bien ocurre un incremento en el consumo, este va acompañado de un descenso en la utilización de dicho forraje. Wales et al. (1998), reportó descensos en el porcentaje de utilización de 54 a 37% cuando la asignación se incrementó de 15 a 40 kg MS/vaca/día. A su vez, encontraron un descenso en la utilización de forraje de 35 a 23% y de 52 a 29% manejando bajas y altas disponibilidades, cuando la asignación de forraje se incremento para ambos casos de 20 a 70 kg MS/vaca/día.

La respuesta en la ganancia diaria por animal frente a variaciones en la AF han sido de tipo lineal (Marsh, Rattray et al., citados por Bianchi, 1982), y de tipo asintóticas (Marsh, Rattray y Jagusch, citados por Bianchi, 1982).

En el cuadro 1, se resume información nacional evaluando el efecto de la AF sobre el consumo y performance animal.

Cuadro 1: Efecto de la asignación de forraje sobre el consumo de materia seca, utilización de forraje, tiempo de pastoreo y performance animal.

Categoría	Pastura	AF	CMS	Uf	TP	GDM	Autor
Ternereros (129 kg) Invierno	Avena	2.5	1.61	63	59%	0.209	Caorsi et al. (2001)
Ternereros (destete precoz 70kg) Invierno	Pradera Mezcla	4	2.08 ^b			0.409 ^b	Simeone (2005)
		8	3.53 ^a			0.631 ^a	
Ternereros (154 kg) Invierno	Raigras resiembra natural	2.5	1.70	68	43%	0.539	Cepeda et al. (2005)
Ternereros (130 kg) Invierno	Pradera mezcla	3	1.59*	53		0.583 ^c	Bianchi (1982)
		6	1.74*	29		0.834 ^b	
		9	2.34*	26		0.885 ^b	
		12	2.76*	23		1.035 ^a	
Vaquillonas (219 kg) Invierno	Avena	2.5	0.98	65	56%	0.404	Caorsi et al. (2001)
Novillos (278 kg) Otoño-Invierno	Raigrás	2.5	2.07 ^b	59 ^b	67 ^a	0.873 ^b	Bartaburu et al. (2003), Elizondo et al. (2003)
		5	3.16 ^a	35 ^a	62 ^a	1.348 ^a	
Ternereros/ Novillos (195/275 kg) Primavera	Pradera mezcla	2	1.58*	79		0.865 ^c / 1.147 ^c	Simeone (2005)
		4	2.36*	59		1.041 ^b / 1.506 ^b	
		6	2.76*	46		1.164 ^a / 1.603 ^a	

Cont...

Cuadro 1 continuación: Efecto de la asignación de forraje sobre el consumo de materia seca, utilización de forraje, tiempo de pastoreo y performance animal.

Novillos Holando (230 kg) Primavera	Campo natural con lotus en cobertura	2.5	2.76*	66 ^a		0.49 ^b	Garin et al. (1993)
		5	2.1*	42 ^b		0.81 ^a	
		7.5	2.46*	33 ^b		0.66 ^a	
		10	2.8*	28 ^b		0.71 ^a	
Novillos (275 kg) Verano	Pradera mezcla	3	2.07*	69 ^a	ab	0.082 ^c	Baldi et al. (2001)
		6	3.06*	51 ^b	c	0.370 ^b	
		9	3.24*	36 ^c	bc	0.482 ^a	
Novillos (280 kg) Verano	Pradera mezcla	3	1.68*	56		0.299	Simeone (2005)
		6	2.82*	47		0.483	
		9	3.87*	43		0.667	
Novillos (321 kg) Otoño	Raigrás	2.5	1.88 ^a	61 ^a		0.039 ^b	Damonte et al. (2004)
		5	1.97 ^a	35 ^b		0.525 ^a	
Novillos (315 kg) Otoño-Invierno	Avena-Raigás (Otoño)	5				0.425	Cafaro y Capurro (2002)
	Pradera mezcla (Invierno)	5				0.590	
Novillos (327 kg) Otoño-Invierno	Avena-Raigás (Otoño)	2.5	1.43 ^b	64 ^a	73 ^a	0.194 ^b	Berasain et al. (2002)
	Pradera mezcla (Invierno)	5	2.03 ^a	46 ^b	69 ^a	0.275 ^a	
Novillos (327 kg) Otoño-Invierno	Avena-Raigás (Otoño)	2.5	1.63*	65 ^a		0.316 ^b	Carriquiry et al. (2002)
	Pradera mezcla (Invierno)	5	2.4*	48 ^b		0.507 ^a	

AF: Asignación de forraje (kg MS/100 kg PV); CMS: Consumo de materia seca (% PV); Uf: Utilización de forraje (%); TP: Tiempo de pastoreo; GDM: Ganancia diaria media (kg/animal/día).

*Estimación a partir del producto de AF y utilización de forraje.

^{a,b} difieren en la fila estadísticamente en P<0.05

El gráfico 1 que resume las relaciones existentes entre AF y performance animal en pastoreo para las diferentes estaciones del año, en nuestras condiciones.

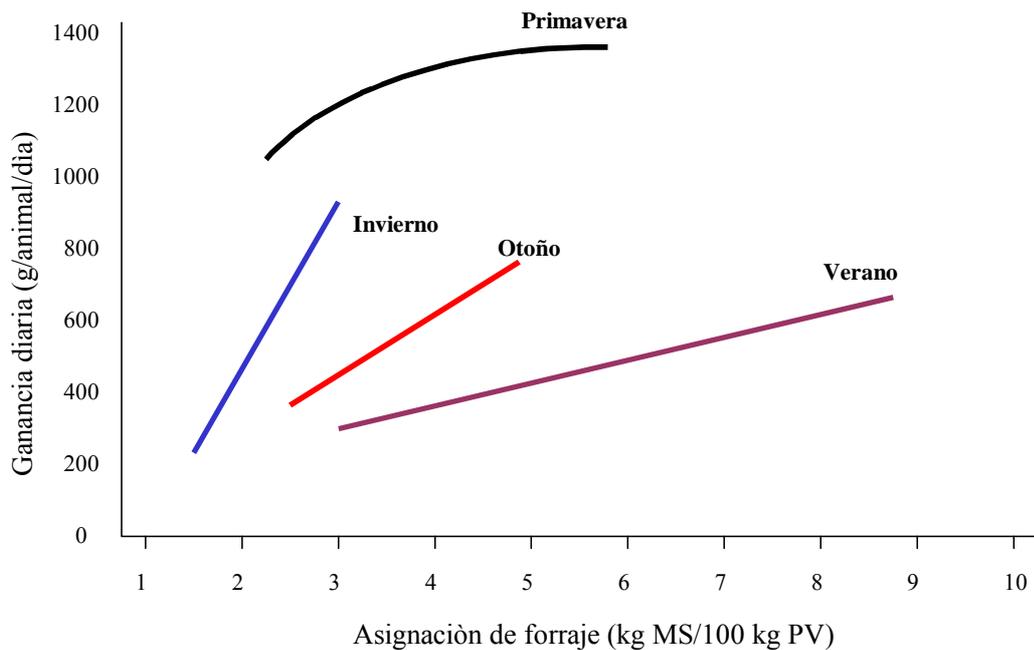


Gráfico 1: Relación entre asignación de forraje y ganancia diaria animal para las diferentes estaciones del año (Simeone, 2005).

Al analizar el gráfico 1 y el cuadro 1 podemos concluir en primera instancia que a mayor AF menor es la utilización de forraje, pero se logra un mayor consumo de materia seca y por lo tanto una mejor performance animal.

Se observan diferentes tipos de respuesta según la estación del año en lo que respecta a la performance animal, a pesar de que los consumos no son muy diferentes, por lo que serían otros los factores que estarían actuando. En invierno hay una respuesta importante en GD frente a aumentos en la AF, lo que estaría indicando que el problema de bajas GD sería por bajos niveles de forraje disponible para el animal. En primavera

no existe gran respuesta en GD frente a variaciones en la AF, por lo que se podría afirmar que estaríamos en el tope del potencial genético del animal a pastoreo. En verano la respuesta en GD frente a aumentos en la AF es también baja, pero a diferencia de la primavera las GD en esta estación son muy bajas, explicado quizás por una baja calidad de las pasturas en esta estación y al estrés térmico sobre los animales, a su vez parecería que a partir de 6% de AF la respuesta en GD por aumento en la AF comienza a disminuir. Y en otoño se daría una situación de alta respuesta en GD frente a aumentos en la AF, pero no en la magnitud esperada (por tratarse de pasturas de muy alta calidad), atribuyéndose esta baja respuesta a un desbalance entre energía y proteína a nivel ruminal.

2.2.2.3 Estructura de la pastura

En pasturas templadas, los tres componentes que determinan el consumo (tiempo de pastoreo, tasa de bocado y peso del bocado) son principalmente afectados por la altura del forraje. Encontrándose que a valores de altura de forraje inferiores a los 6 a 8 cm, el incremento en el tiempo de pastoreo y en la tasa de bocado no compensa las reducciones en el peso de bocado resultando así en reducciones en el consumo de forraje (Hodgson, 1981). Mc Gilloway et al. (1999), identifica a la altura de la biomasa total como un factor directamente relacionado al peso de bocado y por lo tanto a la tasa de consumo, encontrándose una relación curvilínea entre la altura de la pastura y el peso de bocado, con incrementos decrecientes en peso de bocado a medida que aumenta la altura de la pastura. Esta relación está fuertemente influenciada en valores absolutos por la densidad de la pastura (Laca et al. 1994, Mayne et al. 2000).

Le Du et al. (1979) señalan que cuando los animales son forzados a utilizar más del 50% del forraje ofrecido o pastorear a bajas alturas de forraje (8 a 10 cm), la producción y el consumo descienden. Por esto la altura del rastrojo puede ser considerado como un buen indicador práctico de la severidad del pastoreo y por lo tanto

un indicador de consumo, ya que animales con consumo restringido dejan menores niveles de rechazo que los que no están restringidos. Dougherty et al. (1989), encontraron que cuando los animales que se hallaban pastoreando una pastura de *Festuca arundinacea*, al llegar a la altura de los pseudotallos (9 cm) los animales dejaban de pastorear, constituyendo esto una verdadera barrera física para el pastoreo, incluso a bajas asignaciones.

Hodgson (1990), señala que el punto de altura crítica es muy relativo y lo relaciona con el hecho de que al incrementarse la altura del tapiz avanza la madurez de la planta y por lo tanto declina la digestibilidad, lo que a su vez hace disminuir el consumo. Es así que Hardison et al., citados por Bianchi (1982), señalan que no solo la altura de la pastura es el factor en determinar el consumo, si no que variaciones físicas y químicas del forraje que suceden naturalmente al variar la altura de la pastura deben ser considerados.

La estructura de la pastura cambia con la estación del año (Tayler y Rudman, citados por García, 1995), es así que al comparar la estructura de una pastura de *Festuca* con leguminosas en setiembre y diciembre, se observó que al avanzar la estación de crecimiento la densidad disminuyó en el estrato inferior y tendió a aumentar en el estrato superior. Esto asociado al pasaje de la pastura del estado vegetativo al estado reproductivo. Lo que produce variaciones en la distribución de la MS en el perfil, por ejemplo en setiembre la altura era de 19 cm y 29 cm en diciembre, mientras que la distribución de la MS en el estrato inferior (primeros 5 cm) fue de 66% en setiembre y 42% en diciembre para valores de biomasa relativamente similares (García, 1995).

En términos generales pasturas más densas permiten altas tasas de consumo como consecuencia de un mayor peso de bocado, sin embargo a medida que el forraje avanza a estados reproductivos la densidad superficial del forraje comienza a disminuir provocando que el tamaño de bocado y por lo tanto el consumo también disminuyan

(Forbes, 1987). A su vez, puede ocurrir una disminución del tamaño de bocado, provocado por un menor pastoreo en los horizontes inferiores donde hay mayor proporción de vainas y material muerto, significando así una barrera física para el pastoreo animal (Forbes 1987, Chilbroste 1999).

2.2.2.4 Calidad de la pastura

A medida que las plantas avanzan en su ciclo y pasan del estado vegetativo al reproductivo, las hojas, principal componente de la calidad, contribuyen en una menor proporción al rendimiento de materia seca digestible. Mientras tanto, los tallos y las inflorescencias aumentan su presencia en forma progresiva por lo que, dado su menor valor nutritivo, la calidad de la pastura desciende en un todo (Carámbula, 1997).

Balch et al. (1962), señala que en dietas enteramente a base de forraje o con alta proporción de este, el consumo se ve limitado generalmente por el llenado del rumen (ver figura 1), el cual depende principalmente del contenido de pared celular, de su grado de lignificación y de la resistencia a la rotura en partículas más pequeñas por digestión y rumia. Esto es coincidente con lo expresado por Rearte y Santini (1989), Aguilar et al. (2000). Freer, citado por Garin (1993), establece que en dietas forrajeras, existe una relación lineal entre consumo voluntario y la digestibilidad de la materia orgánica hasta valores de 82%. Johnson et al. (1988), Rearte y Santini (1989), Burns et al. (1997), encontraron una correlación negativa ($r = -0.76$) entre consumo de materia seca y contenido de fibra detergente neutro (FDN), o pared celular de los forrajes. Asociado a esto, Rovira (2002) encontró una asociación positiva entre la ganancia de peso vivo y el porcentaje de leguminosas en la pastura, explicado por que las leguminosas presentan un menor contenido de FDN en comparación con las gramíneas provocando un aumento del consumo y por lo tanto una mejora en la performance animal.

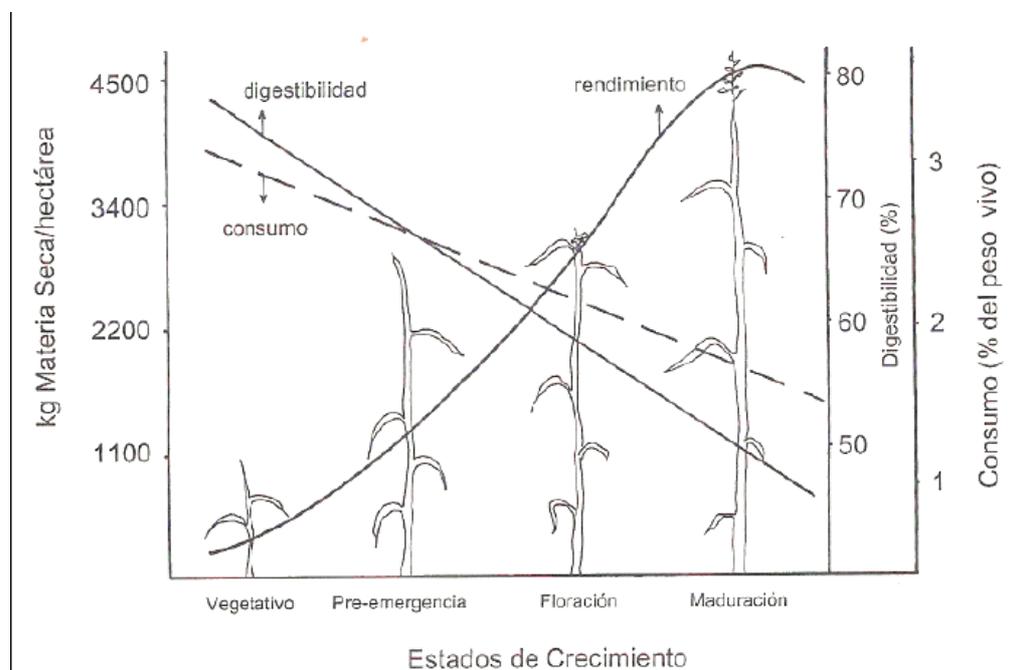


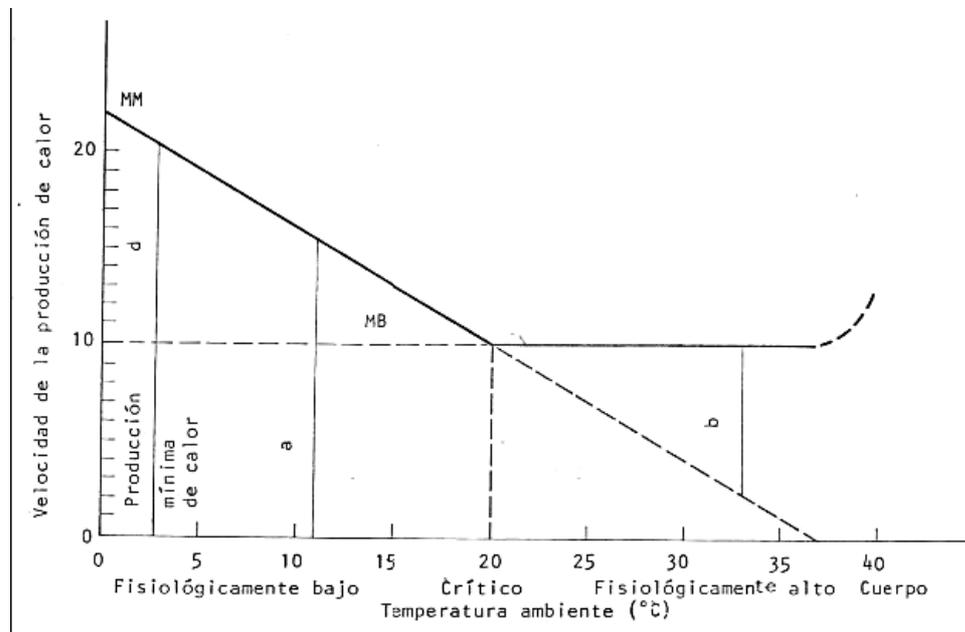
Figura 1: Relación entre estado fisiológico de la pastura y producción de materia seca, digestibilidad y consumo (% del peso vivo). Adaptado de Blaxter (1977).

Existe una alta correlación positiva entre temperatura ambiental y horas de luz durante el día con el contenido de pared celular de las pasturas. Por el hecho de que el incremento de contenido de pared celular equivale a más fibra indigestible, y pasturas que crecen en temperaturas más altas, maduran más rápido (Flamenbaum 1997, Valtorta, citado por Azanza y Machado 1997). Según Beede y Collier (1986) esto ocasiona un descenso en la digestibilidad del forraje, debido a que permanece más tiempo en el rumen del animal para su digestión lo cual deprime el consumo y por lo tanto la disponibilidad de nutrientes y energía. Ledesma, citado por Azanza y Machado (1997), resalta que en ensayos que correlacionan muestras de forraje de diferentes zonas de producción mundial se observó que independientemente de la clase forrajera se produce una caída del 1% en la digestibilidad de la materia seca por cada grado de temperatura ambiente que se incrementa.

El consumo de MS de los animales en pastoreo sobre un tapiz maduro disminuirá no solo debido a la baja digestibilidad de hojas y tallos, sino también por una disminución en la proporción de hojas que acompaña la madurez (Hardison, Minson, Stobbs, Chacon et al., citados por Bianchi, 1982).

2.3 ESTRÉS TÉRMICO

Los vacunos son animales homeotermos, es decir que mantienen su temperatura corporal relativamente constante (entre 38,4 y 39 °C) utilizando o disipando energía (Echevarria y Miazzo 2002, Martin 2002). La homeotermia es una condición indispensable para la vida e implica que la variación en la cantidad de calor diaria que almacena el cuerpo del animal debe ser cero, por lo tanto se debe establecer un equilibrio entre el calor que gana y pierde el animal (figura 2) (Martelo, citado por Aguilar, 2000). La zona de termoneutralidad para novillos de clima templado se encuentra entre los 5 y 20 °C (Josifovich, citado por Rovira, 2002), siendo este rango orientativo ya que depende de varios factores, como ser el grado de aclimatación, la tasa de producción, el estado fisiológico, estado reproductivo, tipo de alimentación, movimiento de aire y humedad relativa (Martín, 2002). Lopez Da Silva y Bozzone (2000), definen como “zona termoneutral optima” a la temperatura que va de los 15 a 25°C, humedad relativa entre 50 y 60% y la velocidad del viento cercana a los 6 a 7 Km/h.



MM: Metabolismo máximo; MB: Metabolismo basal; a: Necesidad calórica; b: Exceso de calor (desprendido por evaporación de agua); d: Calor adicional necesario para conservar el cuerpo caliente.

Figura 2: Relación entre la producción de calor en el animal y temperatura ambiental. Bavera y Beguet (2003).

El estrés térmico ocurre cuando la temperatura efectiva del animal está por encima de la zona de termoneutralidad o confort, siendo cuatro los factores que la afectan, la temperatura del aire, la humedad relativa, el movimiento del aire y la radiación solar (O'Kelly 1988, Armstrong 1994, García, citado por Aguilar et al. 2000). Todo esto sumado al calor metabólico provocan dificultades para mantener el balance térmico del animal, haciendo que éste inicie mecanismos compensatorios y adaptativos para restablecer la homeotermia y homeostasis (West, 1999).

Las principales formas de pérdida de calor (ver cuadro 2) para mantener la homeotermia son radiación, conducción, convección y evaporación (Beede y Collier, 1986), siendo la evaporación el principal mecanismo de pérdida de calor y comprende la

transpiración y el incremento de la tasa respiratoria (Beede y Collier 1986, Blackshaw y Blackshaw 1994). La evaporación ocurre cuando la temperatura de punto de rocío del aire alrededor del animal, es menor que la temperatura de las superficies evaporativas de su piel y sus vías respiratorias. Una mayor velocidad del aire y una baja humedad atmosférica, son factores que facilitan estas pérdidas. A medida que la temperatura ambiente se eleva, la pérdida calórica por evaporación se vuelve la vía principal, debido a que no depende del gradiente térmico como la conducción y la convección (Echevarria y Miazso, 2002). Pero debido al accionar de estos mecanismos en condiciones cálidas y a una elevada humedad atmosférica se produce una disminución de la pérdida de calor por evaporación a través de la piel y del tracto respiratorio, provocando un incremento en el nivel de estrés (Valtorta y Gallardo, 1996).

Blaxter (1977), expresa que el calor disipado a través de la piel gracias a la evaporación de agua se produce por el vapor de agua que difunde a través de la capa de pelos por un proceso de conducción hasta la superficie de la piel, en donde se pierde calor por efecto de la convección y radiación. Y señala que, bajo condiciones de estrés calórico este sistema físico de homeostasis disminuye su capacidad funcional.

En el cuadro 2, se resumen las principales vías de producción y disipación de calor en bovinos.

Cuadro 2: Resumen de las principales vías de producción y disipación de calor en bovinos (elaborado en base a Hafez, 1973).

Producción de calor	1- Fermentación en el rumen		
	2- Metabolismo Celular		
	3- Funciones Asociadas	Pulsaciones del corazón Actividad tiroidea Centro de apetito Producción de leche Actividad adrenal	
Disipación de calor	1- Enfriamiento por evaporación	Superficie Respiratoria Funciones Asociadas	Consumo de agua Pérdida de humedad en orina y heces Pérdida metabólica de peso
	2-Enfriamiento no evaporante	Conducción Convección Radiación	Vasodilatación Vasoconstricción Aislamiento debido al pelaje Región superficial relativa

El animal necesita percibir los cambios del medio para entonces manifestar su respuesta; los termorreceptores de la piel son estimulados por la temperatura y por la tasa de alteración de la temperatura (Curtis, 1981). En caso de que el animal perciba estrés, la respuesta fisiológica se manifiesta en cambios en la tasa metabólica y en los requerimientos de mantenimiento, aumento en la evaporación de agua, incremento en la tasa respiratoria, cambios en la concentración hormonal en sangre, y un incremento en la temperatura corporal (O'Kelly 1988, Armstrong 1994, García, citado por Aguilar et al. 2000), sudoración y vasodilatación con mayor flujo sanguíneo hacia la superficie de la piel (West, 1999). Si el estrés persiste, comienzan a manifestarse cambios comportamentales en el animal, como ser reducción del consumo de materia seca y

aumento del consumo de agua (O'Kelly 1988, Armstrong 1994, García, citado por Aguilar et al. 2000), llevando así a una disminución en la performance animal a causa de cambios en los requerimientos de mantenimiento y un menor CMS.

De León (2004), encontró que en terneros, temperaturas por encima de la crítica superior llevaron a aumentos en las frecuencias cardíacas y respiratorias en el orden de 25 a 35%.

2.3.1 Elementos ambientales con potencial estresante.

Según West (1995), Rovira (2002), una elevada humedad relativa en presencia de altas temperaturas son las principales condicionantes que se requieren para la manifestación del estrés calórico en los animales. Blackshaw y Blackshaw (1994), Sharrow (2000) sostienen que estas condiciones, reducen la efectividad del mecanismo de evaporación del calor a través de la sudoración y la respiración. Es así que Flamenbaum (1997) señala que cuando la humedad es alta, en los 22° C los animales ya están sufriendo de algún grado de estrés calórico, en cambio si la humedad es baja, en los 30° C todavía el animal no sufre en absoluto. Sin embargo Valtorta y Gallardo (2003), estiman que ya a temperaturas superiores a los 25° C, el ambiente es estresante para los animales.

Martín (2002), señala que la temperatura crítica superior (TCS), por encima de la cual muchos caracteres productivos empiezan a ser afectados, es de 27° C para la mayoría de las especies animales domesticas. Igualmente, sea cual sea este valor de temperatura siempre es coincidente con la declinación del consumo (Hahn, 1999).

Siendo que no es únicamente la temperatura el elemento en determinar el estrés térmico se ha establecido un “Índice de Temperatura y Humedad” (ITH) para alertar sobre potenciales periodos de estrés calórico (Pennington y VanDevender 1996, Marx

2004). Este índice combina efectos de temperatura y humedad en un único valor, estableciéndose tres categorías: Alerta: ITH = 72-79, Peligro ITH = 80-89, Emergencia ITH = mayor de 89 (Figura 3). Berra et al. (1995), afirman que por encima del nivel de emergencia ya hay muerte de animales (a partir de 40° C y 70% de humedad relativa). Según Valtorta y Gallardo (2003), un índice superior a los 74 implicaría altos riesgos, donde la temperatura del aire supera los 25°C con una humedad relativa superior a 60%.

Diversos autores han creado formulas de cálculo para el ITH:

$ITH = TA + 0.36TPD + 41.2$ - Berry et al., citado por Valtorta (1996):

TA: temperatura del aire (° C)

TPD: temperatura punto de rocío (° C)

$ITH = DBT - (0.55 - 0.55 HR/100)(DBT - 58)$ - Johnson, citado por Valtorta (1996):

DBT: temperatura del termómetro seco (° F)

HR: humedad relativa (%)

$ITH = (1.8 T + 32) - (0.55 - 0.55HR)(1.8T - 26)$ - Valtorta (1996):

T: temperatura del aire (° C)

HR: humedad relativa (fracción decimal)

T°		Humedad relativa (%)																													
F	°C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100									
75	24	No estrés														72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77	78	78	79	79	80
80	27	No estrés						72	72	73	73	74	74	75	76	76	77	78	78	79	79	80									
85	29	No estrés				72	72	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84	85							
90	32	72	73	74	75	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89	90									
95	35	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95									
100	38	77	78	79	80	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	93	94	95	97	98	99										
105	41	79	80	82	83	84	86	87	88	89	91	92	93	95	96	97															
110	43	81	83	84	86	87	89	90	91	93	94	96	97																		
115	46	84	85	87	88	90	91	93	95	96	97	muerte																			
120	49	86	88	89	91	93	94	96	98	muerte																					

Alerta: ITH = 72-79, Peligro ITH = 80-89, Emergencia ITH = mayor de 89

Figura 3: Índice ITH. Department of Agricultural Engineering, The University of Arizona, Tucson, Arizona, modificado de Wiersma (1990).

Valtorta y Gallardo (2003), también destacan la importancia del número de horas diarias de estrés. Si estas son muy elevadas se limita la capacidad de recuperación del animal en las horas más frescas, es decir durante la noche.

Bartaburu, citado por Rovira (2002), hace referencia a una consultoría con énfasis en la producción lechera realizada por técnicos extranjeros, en la que se concluye que en el Uruguay se dan las condiciones para que exista estrés calórico durante el período estival, pero que es de carácter moderado, donde el animal tiene la posibilidad de recuperar su temperatura corporal normal durante la noche, además de existir una variabilidad climática que hace que las condiciones no sean severas.

2.3.2 Efectos del estrés calórico

Ávila Pires et al. (2000), señalan que el bienestar y la productividad animal pueden ser colocados en situación de riesgo debido a la acción de los factores

ambientales que influyen el comportamiento animal. Según estos autores, el animal necesita percibir los cambios del medio para entonces manifestar su respuesta a los mismos. En los criterios considerados para medir el confort y el bienestar están incluidos: salud, producción, reproducción, características fisiológicas, bioquímicas y comportamiento de los animales. En algunos casos, las alteraciones comportamentales representan el único indicio de que el estrés está presente.

Church (1988), indica por otra parte que existe un efecto del estrés sobre los requerimientos de mantenimiento, los cuales aumentan como consecuencia del mayor costo generado por el jadeo y alteraciones en el metabolismo tisular derivados de mayores temperaturas de los tejidos.

2.3.2.1 Efecto fisiológico y comportamental

Los animales homeotérmicos como lo son los bovinos reaccionan a las alteraciones del ambiente térmico, no solo funcionalmente y estructuralmente, sino también a través de respuestas comportamentales (Mc Donal, citado por Betancourt, 2005). Es así que los animales procuran localizarse en ambientes termoneutrales, y este comportamiento esta en función de la temperatura y humedad, y del genotipo del animal (Ávila Pires et al., 2000)

Cuando el medio ambiente que rodea al animal se caracteriza por presentar altas temperaturas y humedad alta, el flujo de calor de la vaca se invierte o reduce y el animal pasa de un estado homeotermia a uno de hipertermia. Como respuesta a esto, el animal reduce una serie de actividades que generan calor (como ingesta de alimento, producción y actividad física), de esta forma trata de alcanzar el estado de homeotermia (Giraud, 2003).

Wagner, citado por Becoña y Casella (1999) establece que la respuesta fisiológica a este estrés son alteración del comportamiento animal (búsqueda de sombra y/o corrientes de aire, búsqueda de charcos para pararse dentro, disminución de la actividad voluntaria, cambio en los parámetros de consumo de alimentos), vasodilatación (permitiendo una mayor afluencia de sangre a las zonas periféricas del organismo para aumentar la disipación del calor), aumento de la tasa respiratoria y jadeo, transpiración (en aquellos animales que tienen la posibilidad de hacerlo), incremento de los requerimientos nutricionales de mantenimiento, incremento de la temperatura superficial (para aumentar las pérdidas de calor y finalmente en la temperatura interna del organismo, si la pérdida de calor no es suficientemente grande), disminución en el consumo de alimentos (para reducir la producción de calor, el consumo cae en forma abrupta cuando la temperatura corporal aumenta llegando a cesar completamente cuando dicha temperatura alcanza niveles críticos), variación en los horarios de consumo de alimentos (tendiendo hacia las horas más frescas del día) y aumento en el flujo sanguíneo periférico.

2.3.2.2 Efecto sobre los requerimientos

Según Gerloff (2005), cualquier temperatura ambiental por fuera del rango de la zona termoneutral del animal, incluyendo temperaturas muy altas, incrementa los requerimientos de energía por parte del animal. Esto es coincidente con lo expresado por Klusmann, citado por Caro y Olivares (1998), en el sentido de que aquellos animales que permanecen sometidos a un estrés calórico, tienen un costo energético mayor en termorregulación. Este gasto de energía adicional es por partida doble: primero por la mayor frecuencia cardíaca y respiratoria (jadeo) y segundo por el consumo de pasturas de mayor contenido de fibra, dado por la disminución en la calidad del forraje durante el verano que exige mayor gasto de energía para su digestión (Giraudó 2003, Rosso 2004).

El NRC (1981) señala que además del peso vivo (PV) o del peso metabólico, hay otros factores que influyen sobre las necesidades de mantenimiento, tales como el estado corporal, el estado fisiológico, la calidad de la dieta, el clima y el nivel de actividad. Las altas temperaturas en verano podrían determinar una reducción en el consumo voluntario y un incremento de los requerimientos de mantenimiento, afectando negativamente el balance energético animal, y por lo tanto afectando negativamente la performance animal (NRC, 1996). Este efecto sobre el consumo y sobre los requerimientos de mantenimiento comenzaría cuando la temperatura ambiente supera los 25°C (NRC, 1981).

Gallardo et al., citados por Azanza y Machado (1997), señalan que el jadeo constituye uno de los mecanismos más efectivos para disipar el calor acumulado, pero como contrapartida se incrementan los requerimientos energéticos de mantenimiento. Estos mismos autores señalan que los requerimientos de mantenimiento de vacas en producción podrían aumentar más del 30% cuando las temperaturas se incrementan de 26 a 40°C, por periodos de 6 o más horas al día.

NRC (1996), estima que cuando el animal entra en un jadeo leve, los requerimientos de energía neta de mantenimiento se ven incrementados un 7%, mientras que si el jadeo se produce con boca abierta los requerimientos se incrementan un 18%. Datos similares son expuestos por Young (1988), según este autor las necesidades de mantenimiento se incrementan un 7% en una primera fase de jadeo, y de 11 a 25% en una segunda fase con boca abierta.

2.3.2.3 Efecto sobre el consumo de materia seca y el comportamiento ingestivo

Estudios en cámaras controladas señalan que el consumo de materia seca (CMS) comienza a declinar cuando el promedio diario de temperatura ambiental es de 25 a 27°C (Fuquay 1981, Beede y Collier 1986, Hahn 1999). De todas formas los animales son capaces de adaptarse a un amplio rango de ambientes (Hahn, 1999). Baumgardt, citado por Rovira (2002), señala que el consumo de alimentos no se inhibe totalmente hasta que la temperatura ambiental alcanza 41°C, aunque disminuye apreciablemente ya a los 37°C. Según Jacobsen (1996), cuando la temperatura alcanza los 30°C, el consumo de materia seca disminuye un 10% respecto de los valores normales, un 25% a 32°C y un 33% a 40°C.

Kleiber, citado por Zemmeling (1986) indica que a mayor nivel de consumo, la temperatura ambiental a la cual comienza la disminución del consumo es menor en comparación a planos de nutrición inferiores, y NRC (1981), Valtorta y Gallardo (2003) señalan que esta disminución del consumo voluntario se debe a que el alimento representa una fuente adicional de calor, por lo tanto forrajes, en especial los de baja calidad, a diferencia de los concentrados, contribuyen en mayor medida a generar un mayor calor metabólico.

A modo de ejemplo de lo mencionado se presenta el cuadro 3, elaborado por el NRC (1981).

Cuadro 3: Producción de leche, y consumos de materia seca y agua esperados con variaciones en la temperatura (adaptado de NRC, 1981).

Temperatura		Consumo kg MS (% req mant.)	Producción de leche (kg)	Consumo de agua (l)
°F	°C			
68	20	18,2 (100)	27,0	68,1
77	25	17,7 (104)	25,0	73,8
86	30	17,0 (111)	23,0	79,1
95	35	16,7 (120)	18,0	120,0
104	40	10,2 (132)	12,0	106,0

La alteración de las características dinámicas de la digestión es reconocida como otro posible mecanismo a través del cual el estrés por calor puede afectar la nutrición de los animales (Valtorta y Gallardo, 2003). Algunos autores (Fuquay 1981, Bernabucci et al. 1999), marcan que la digestibilidad del alimento se incrementa con altas temperaturas, aunque es probable que esto sea debido a la disminución del consumo, lo cual se traduce en una lenta tasa de pasaje en el rumen; mientras que otros (Miaron y Cristopherson, 1992), señalan que bajo las condiciones de estrés calórico, la digestibilidad de la dieta y la tasa de pasaje en el rumen no son afectadas por una reducción del consumo de materia seca. Estos investigadores explican esto por la menor digestibilidad de los forrajes que crecen en ambientes cálidos.

Valtorta y Gregoret (2005), establecen que en verano el consumo se ve restringido, y la oportunidad del animal para cosecharlo se ve restringida a las horas en que se encuentra confortable para hacerlo. Es así que, Ávila Pires et al. (2000) encontraron en un experimento realizado por EMBRAPA, que en condiciones de temperatura elevada se verifica un aumento inmediato y drástico en el consumo voluntario de alimento durante la noche, indicando que puede haber una modificación en el comportamiento ingestivo de los animales con el objetivo de atenuar los efectos del estrés calórico. Giraudo (2003) señala que las altas temperaturas en combinación con

radiaciones mayores aumentan la carga calórica sobre el animal pastoreando, condicionando el pastoreo a las primeras horas de la mañana y últimas de la tarde y en la noche.

En verano, la disminución de las horas de pastoreo esta ligada estrechamente a la temperatura (estrés calórico), determinando la búsqueda de sombra y agua, y un mayor gasto de energía para compensar el calor (Giraudó 2003, Rosso 2004). Arnold y Dudzinski, citados por Rovira (2002), reportan que ganados en pasturas sin sombra y con estrés calórico han demostrado caminar en exceso, concentrarse en las esquinas del potrero, acudir más seguido al bebedero y disminuir su actividad de pastoreo.

Al respecto, Arnold y Dudzinski, citados por Rovira (2002), citan que en un rango de temperaturas entre 0 y 34° C y en condiciones de baja humedad, el tiempo de pastoreo de los animales no fue afectado, en cambio en climas húmedos y calurosos el tiempo de pastoreo comenzó a disminuir por encima de los 26°C. Esto es coincidente con Giraudó (2003), quien estima que cuando la temperatura máxima sobrepasa los 27°C, el ambiente es estresante para los animales. Arnold, citado por Valtorta y Gallardo (2003) señala que por encima de estas temperaturas el tiempo de pastoreo descendería a una tasa de 20 minutos por cada grado de aumento.

Arredondo et al. (2000) en un experimento sobre el efecto de la temperatura y la suplementación energética sobre la producción de leche en vacas lecheras a pastoreo encontraron que en todos los tratamientos el porcentaje de vacas comiendo iba declinando a medida que avanzaban las horas del día, y que los animales preferían estar parados o acostados a medida que la temperatura aumentaba. En general, se observó que los animales en los tratamientos que permanecían al sol durante todo el día, comen mucho más en la noche. Igono et al., citados por Arredondo et al. (2000) indican que esto actúa como un mecanismo de respuesta al estrés, en donde las noches frescas

permiten a los animales recuperar su homeostasis e ingerir parte del alimento que no han consumido durante el día.

Sin embargo Burboa (1993), en un experimento donde se estudió la producción de leche de vacas Holstein en pastoreo de praderas de raigras y bermuda cruzada II en verano e invierno y las implicancias del ambiente sobre el comportamiento animal, encontraron que no se observaron diferencias significativas en el número de horas de pastoreo entre invierno y verano (con 08:43 horas y 07:54 horas respectivamente, $P > 0.05$). En invierno la concentración del pastoreo se dio entre las 06:00 y las 18:00 horas y se redujo en las horas nocturnas, y el descanso y la rumia se realizó en su mayor parte durante la noche. En verano, en cambio el pastoreo se concentró en dos sesiones: una primera entre las 06:00 y las 12:00 y la segunda de 18:00 a 24:00 horas. Similares resultados obtuvieron Ávila Pires et al. (2000), quienes además señalan que en el invierno el tiempo de rumia fue siempre superior al del verano. En tanto en esta última estación los animales, sustituyen las actividades relacionadas al comportamiento alimenticio (ingestión y rumia) por el ocio, en un probable intento de reducir la producción de calor metabólico.

2.3.2.4 Efectos en el consumo de agua

Según Beretta y Bruni (1998), la temperatura ambiente afecta directamente los requerimientos de agua; a medida que la temperatura ambiente se eleva los animales mantienen su temperatura corporal constante, disipando el calor en exceso a través de la transpiración y evaporación pulmonar. La tasa respiratoria aumenta, y junto con esta las necesidades de agua. Cuando la humedad relativa ambiente es elevada este mecanismo es ineficiente, y los efectos del estrés calórico son máximos. Sin embargo desde el punto de vista de los requerimientos de agua, estos disminuyen. Por lo tanto la demanda de agua será máxima en condiciones de elevada temperatura y clima seco.

La evaporación de agua en forma de sudor, con la finalidad de termorregulación, en climas cálidos, aumenta la necesidad de agua por los animales, y la ingestión de agua depende de la temperatura ambiente, de la calidad del alimento y de la distribución del agua, por lo tanto hay un incremento en la ingestión de agua cuando el calor aumenta (ver cuadro 3). Para maximizar la utilización del agua, los bovinos tienen como mecanismo eliminar orina más concentrada y heces más secas (Bavera y Beguet, 2003).

La disponibilidad de agua, a su vez, determina el patrón de pastoreo, especialmente en regiones secas. Es así que en pasturas verdes y abundantes los bovinos no beben mucha agua, en tanto que, cuando el alimento es más seco, necesitan de agua regularmente. Los horarios de ingestión de agua están relacionados con los patrones diarios de pastoreo y descanso, y la frecuencia de ingestión, esta en entorno a 5 veces al día, variando de una a seis veces. En el verano 30% de la ingestión de agua ocurre entre 6 y 12 horas, 53% entre 12 y 16 horas y 17% entre 16 y 20 horas, y los animales permanecen próximos al bebedero durante la mayor parte del día, principalmente si no existe sombreado en el pastoreo (Arnold y Dudzinski, citados por Ávila Pires et al., 2000).

Existen también otros factores que influyen en el consumo de agua, tales como: producción de leche, consumo de alimentos, peso del animal, nivel actividad, estado fisiológico, raza de los animales, composición y forma física de la dieta, precipitaciones, calidad, accesibilidad y temperatura del agua (Arnold y Dudzinski, citados por Ávila Pires et al., 2000).

2.3.2.5 Diferencias raciales

Según West (1999), existen diferencias raciales en la tolerancia al calor. El ganado *Bos indicus* es más tolerante al calor que el ganado *Bos taurus*, debido a una mayor capacidad para sudar y menor tasa metabólica.

En un experimento realizado por Ellis et al. (2000), para evaluar la diferente adaptación al calor de animales según la raza y analizando su consumo, comportamiento ingestivo y temperatura corporal sobre pasturas se encontró que durante el verano temprano, el ganado Aberdeen Angus pasaba más tiempo bajo la sombra (283 min/día) y menos tiempo pastoreando (450 min/día) que su cruce con Brahman (154 y 518 min/día bajo sombra y pastoreando, respectivamente) o Tuli (raza de origen africano) (196 y 480 min/día), mientras que en el verano tardío no se encontraron diferencias. El tiempo de descanso bajo el sol fue menor en animales Aberdeen Angus (62 min/día), en comparación con su cruce con Brahman (112 min/día) y Tuli (106 min/día).

2.3.3 Respuesta productiva bajo condiciones de estrés

Bentancourt (2005) señala que diversos autores han considerado que el estrés calórico al que están expuestos los animales durante los meses de verano produce una disminución en su eficiencia productiva y reproductiva (Fuquay 1981, Wilson et al. 1988, Bernabucci et al. 1999, Hahn 1999) lo que se traduce en pérdidas económicas significativas (Wilson et al., 1998).

Pennington y VanDevender (1996) encontraron que en veranos calientes la producción de leche se vio disminuida en torno al 50%, también se encontraron disminuciones en la eficiencia reproductiva. Estas disminuciones se dan por una reducción en el consumo de materia seca. West et al. (1995), encontraron similares reducciones en la producción de leche, entre un 15 a 40%. Esto es coincidente con lo señalado por Valtorta y Gallardo (2003) quienes afirman que los problemas del verano limitan mayores niveles productivos en los tambos, según estos autores, vacas Holstein de alta producción (+24 l/día), pueden llegar a reducir dicha producción en un 25% diario.

Si bien los antecedentes sobre la respuesta productiva en bovinos de carne bajo condiciones de estrés en pastoreo son muy escasos, existen algunos que resaltan la importancia de este tipo de estrés aun para nuestras condiciones, y otros que comparan animales estresados con aquellos que recibieron algún tipo de tratamiento para disminuir el estrés, los cuales serán abordados mas adelante en esta revisión.

Baldi et al. (2001), en un experimento sobre el efecto de la suplementación energética y distintos niveles de AF sobre la performance de novillos Hereford pastoreando praderas permanentes en verano encontraron ganancias diarias de peso de: 0.083^a, 0.370^b, 0.482^c kg/animal/día para 3, 6, 9% PV de AF sin suplemento respectivamente, y 0.589^d, 0.653^d, 0.587^d kg/animal/día para las mismas AF pero suplementadas con grano de maíz levemente quebrado al 1% PV. Estos autores concluyen que la suplementación energética llevo a mayores ganancias de peso, y que dicha respuesta fue mayor a la menor AF (3% PV); y que para las condiciones estivales existió respuesta a la AF en los animales no suplementados a razón de 0.149 kg/animal/día por cada incremento porcentual en AF, pero esta respuesta no se vio en los animales suplementados.

2.4 MÉTODOS DE CONTROL DEL ESTRÉS

Valtorta y Gallardo (2003), sugieren las siguientes medidas para minimizar el impacto negativo del estrés por calor:

- Suministrar dietas equilibradas y de mayor contenido energético
- Abundante y constante suministro de agua bebida de calidad
- Mayor frecuencia de suministro de los alimentos
- Suministro de sombra en lugares y horas claves (evitando a su vez largas caminatas)

Diversos autores manejan diferentes horarios como más convenientes para el encierro de los animales en corrales con sombra, es así que Gregory (1995) en Nueva Zelanda, recomienda entre las 10:00 y las 14:00 horas, Hupp y Rathwell (1998) en Carolina del Sur, Estados Unidos, recomiendan entre las 9:00 y 16:00 horas, Valtorta y Gallardo (2003) en Argentina recomiendan como adecuado realizarlo entre las 9:30 y las 18:30 horas, Giraudo (2003) en Córdoba Argentina, recomienda el encierro entre las 10:00 y las 16:00 horas.

En términos teóricos (considerando solo el balance de radiación neta y sin advección) la temperatura máxima se da tres a cuatro horas después del mediodía solar, que para la zona norte del Uruguay pueden ser las 15, 16 o hasta 17 horas.¹

Beretta et al. (2005) a su vez, en un experimento con animales manejados al 6% de AF con pastoreo libre y restringido (encierro con agua y sombra entre las 10:00 y 16:00 horas, sin suplemento y suplementados con granos y afrechillo de arroz integral) obtuvieron ganancias diarias de 0.746^b kg/animal/día para pastoreo libre y 1.005^a kg/animal/día para pastoreo restringido, siendo diferentes estadísticamente ($P=0.0160$), y al incorporar la suplementación no existió efecto de la suplementación (0.944^a kg/animal/día para grano y 1.092^a kg/animal/día para afrechillo de arroz) con respecto al pastoreo restringido, ni del tipo de suplemento ($P>0.05$).

Algunas de las alternativas para disminuir el estrés calórico son: sombras (ya sea natural o artificial), ventilación forzada, humedecimiento del animal, sistemas combinados o enfriamiento evaporativo (Giraudo, 2003).

¹ Saravia, C. 2007. Com. personal.

En la ventilación forzada se utilizan ventiladores siguiendo el principio de pérdida de calor por convección, pero puede llegar a ser desfavorable en días muy calurosos debido a que se estaría haciendo circular aire caliente sobre los animales, llevando a ganancias de calor en lugar de pérdidas (Giraudó, 2003).

El humedecimiento del animal consiste en rociar a los animales con agua mediante aspersores o rociadores. Las gotas de agua que quedan sobre el animal se evaporan tomando la energía necesaria para ello del cuerpo del animal, lo que aumenta su confort. Estos sistemas se adaptan a climas secos, y aunque la humedad es alta puede ocurrir un efecto negativo al no existir una adecuada remoción del aire caliente, frenándose el proceso de disipación de la energía. Para esto es que se crearon los sistemas combinados o de enfriamiento evaporativo, en donde se combinan los aspersores con ventiladores, siendo así más eficientes. Estos sistemas se adaptan más a condiciones de estabulación o encierro, por lo que para condiciones pastoriles no serían adecuados por su dificultad de implementación (Giraudó, 2003).

2.4.1 Sombra artificial y natural

La sombra, tanto natural (montes) como artificial (mallas), es una alternativa para disminuir la carga calórica que los animales reciben por la radiación solar (Rovira 2002, Valtorta y Gregoret 2005). Klusman, citado por Caro y Olivares (1998) indica que el disponer de la misma, no sólo podría reducir el gasto energético en termorregulación y la pérdida de agua corporal, sino que también se reduciría la demanda por agua de bebida.

Sharrow (2000), destaca que el uso de protección contra la luz solar solo reduce una de las varias fuentes de calor que contribuyen al estrés calórico. Echevarría y Miazzo (2002) señalan que la protección no tiene efecto sobre los procesos metabólicos vitales (respiración, circulación), ingestión y digestión de los alimentos (incluida la fermentación ruminal, actividad muscular, ejercicio, respiración celular y la utilización

de los nutrientes para procesos productivos como crecimiento, reproducción y lactación) y otras fuentes externas.

Los árboles o cualquier otra alternativa que produce sombra pueden reducir el calor radiante sobre el animal tanto como un 40% (Hupp y Rathwell 1998, López Da Silva y Bozzone 2000). Sharrow (2000), afirma que los árboles no son muy eficaces en la protección de la radiación reflejada, reportando un estudio realizado en California en el que se encontró que un 33% de la radiación recibida por el animal sombreado provenía del reflejo del suelo y un 28% que atraviesa la sombra. Por lo tanto, la carga de calor total solo fue reducida en un 30% comparada con los animales sin sombra.

Invernizzi y Marziotte (1998), reportan que la temperatura registrada en globo negro expuesto directamente a la radiación solar entre las 11:00 y las 16:30 horas durante el verano fue de 10° C mayor que la sensación térmica bajo sombra natural, en tanto que la amplitud térmica (diferencia en temperatura entre las 6:00 y 15:00) fue de 10,2° C para el globo negro expuesto a la sombra natural, y de 20,5° C para el expuesto al sol. Martín (2002), reporta una diferencia de hasta 9° C menor entre la temperatura bajo la sombra y las áreas abiertas durante las horas de sol.

Las sombras artificiales no siempre son tan efectivas como las naturales, y cualquiera de las dos deben ofrecer espacio suficiente para que los animales mantengan su distancia social normal ya sea cuando están echados o en pie, permitiendo el máximo de movimiento de aire como protección contra el calor (Arnold y Dudzinski, citados por Ávila Pires et al., 2000).

En el cuadro 4 se presenta una descripción comparativa entre la sombra natural y artificial, elaborado en base a Valtorta y Gallardo (2003), De León (2004).

Cuadro 4: Algunas características comparativas entre la sombra natural y la artificial.

Característica	Sombra natural	Sombra artificial
Uniformidad de la sombra	Variable	Alta
Tipo de piso	Suelo natural	Consolidado
Resistencia al encharcamiento	Variable según tipo de suelo	Buena
Manejo de la disponibilidad por animal	Complejo	Sencillo
Costo de mantenimiento	Menor	Mayor
Disponibilidad desde su planificación	Lejana	Inmediata

Igualmente cualquiera que sea la alternativa de sombra, esta deberá localizarse en zonas con brisas y asegurarse de que los lados estén abiertos para una buena ventilación (Hupp y Rathwell, 1998).

2.4.1.1 Efecto de la sombra sobre el consumo de materia seca y el comportamiento animal

Martín (2002), señala que la sombra hace un aporte significativo a reducir el estrés calórico, y más en el caso de trabajar en zonas cálidas con animales de razas europeas como Aberdeen Angus, Hereford u Holando, cuya zona de temperatura confort está entre los 5 y los 20° C. Según este autor, la disponibilidad adecuada de sombra, interviene produciendo cambios favorables en el comportamiento de pastoreo y la productividad del rodeo, entre los que se destacan:

- los animales dedican más horas diarias al pastoreo y a la rumia, en un ambiente subtropical con sombra parcial, que sin ella;
- el consumo de alimentos se maximiza en un ambiente de confort térmico;
- disminuyen los requerimientos de agua y permiten hacer un mejor y más estratégico uso de los bebederos y/o fuentes naturales de agua;
- se incrementa la conversión alimenticia, al usar el animal menos energía para disipación de calor excesivo, lo cual trae como consecuencia, una mejor productividad en kg de carne o l de leche/ha.

En un estudio realizado por Souza de Abreu et al. (1999), se reporta un efecto positivo de la sombra sobre el CMS, a través de un aumento en las tasas de consumo de las vacas en pastoreo, así como un mayor control del estrés calórico y menores tasas respiratorias.

McDaniel y Roark, citados por Rovira (2002) en estudios llevados a cabo en Estados Unidos durante cuatro años con vacas y terneros Hereford y Aberdeen Angus, concluyen que los animales con disponibilidad de sombra, ya sea natural o artificial, pasaron más horas pastoreando durante el día comparado con aquellos sin acceso a sombra. Sin embargo, la diferencia no fue significativa y la similitud en producción entre los diferentes tratamientos la atribuyeron a la influencia del pastoreo nocturno.

Gregory (1995), en experimentos con toros en pastoreo con y sin disponibilidad de sombra, encontró que el tiempo que pasaron los animales bajo la sombra estuvo más relacionado con la máxima temperatura diaria que con las horas de exposición al sol. Observándose que cuando la temperatura máxima fue menor de 20° C los animales pasaron un 10% del tiempo bajo la sombra y cuando la temperatura fue mayor a 20°C un 49% del tiempo lo pasaron bajo la sombra.

Betancourt (2005), en un experimento sobre el efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal, encontró que los árboles en potreros tienen un alto potencial en aliviar el estrés calórico en animales e incrementar el CMS. En vacas Jersey en potreros de *C. alemfluensis* y *B. radicans* con sombra de diversos árboles, el consumo de pastos pasó de 2,2 % PV en potreros sin sombra a 2,5 % PV en potreros con sombra. Estos cambios fueron explicados por la reducción del estrés calórico de las vacas en potreros con árboles (Souza de Abreu et al., 1999). Mallonce et al., citados por Betancourt et al. (2005), reporta que el consumo diario de materia seca se ve reducido en 13% en vacas Jersey manejadas sobre pasturas sin árboles en comparación con el tratamiento con árboles manejados.

Robinson, citado por Betancourt et al. (2005), señala que la existencia de árboles en sistemas extensivos de producción aumenta el número de horas de pastoreo de los animales. Betancourt et al. (2005) encontró que vacas manejadas en potreros con alta cobertura arbórea, dedicaron más tiempo a pastorear 44.3% vs 34.9%, y menos tiempo al descanso y rumia, atribuyendo las diferencias encontradas a una posible alteración de las características dinámicas de la ingestión. Según este autor, estas alteraciones son reconocidas como posibles mecanismos a través de los cuales el estrés calórico puede afectar la nutrición de los animales. Una de ellas, la reducción del CMS genera menos calor durante la fermentación ruminal y el metabolismo corporal, ayudando a mantener el balance de calor (Bernabucci et al., 1999).

En estudios realizados por Román-Ponce et al., citados por Ávila Pires et al. (2000), en un experimento sobre el efecto de la sombra en la producción de leche encontraron que el patrón de comportamiento cambió considerablemente, las vacas sin sombra prefirieron alimentarse al final de la tarde y en la noche con respecto a aquellas que tenían acceso a sombra. Los animales con acceso a la sombra presentaron a su vez frecuencia respiratoria y temperatura corporal más bajas, en tanto que aquellos animales sin acceso a la sombra presentaron síntomas de estrés térmico que se manifestó por la

movilización excesiva, agrupamiento en los extremos del potrero, ingestión frecuente de agua, descanso en posición echada cuando el suelo estaba mas frío que el cuerpo del animal y caminar excesivo para optimizar el enfriamiento por evaporación.

Ávila Pires et al. (2000) estudiaron el comportamiento de búsqueda de sombra, en un sistema silvopastoril en EMBRAPA “Ganado de leche” (Brasil), donde se observó que en el invierno la radiación no constituye un factor de malestar para los animales, a diferencia del verano. Cuando se comparó el porcentaje total de tiempo que los animales utilizaron la sombra en el verano (66%) y en invierno (45%), se verificó una tendencia de preferir la sombra durante la estación más caliente del año.

Rovira (2002), evaluando el efecto de la sombra artificial (con posibilidad de acceso permanente) respecto a un testigo sin acceso a ella, sobre el comportamiento de novillos en terminación en el período estival, observó que los animales utilizaron la sombra en las horas más calurosa del día, abandonándola para ir a pastorear o tomar agua. Los animales del tratamiento sin sombra pasaron las horas más calurosas del día junto al bebedero, parados o echados a muy corta distancia entre ellos, no reportándose prácticamente casos en que el ganado descansara en el área de pastoreo. Los animales del tratamiento con sombra tendieron a cesar más temprano el pastoreo matutino (10:00) y a reiniciar su actividad de la tarde más temprano (15:30) con respecto a los animales sin disponibilidad de sombra, los cuales extendieron el cese del pastoreo de la mañana y retrasaron el comienzo del pastoreo de la tarde (11:15 y 16:15, respectivamente). En este mismo trabajo, también se observaron diferencias, en cuanto a si los días eran templados o calurosos, mientras que en días templados hubo una actividad de pastoreo más constante durante el día, incluso durante el mediodía y primeras horas de la tarde, en días calurosos, el pastoreo se concentró alrededor del amanecer y atardecer, con un acceso temprano a la sombra (10:00) y un retorno tardío al pastoreo (16:00), con pastoreos intermitentes en el medio, y dos accesos al bebedero (al mediodía y a las 18:00). En los días templados hubo además una menor utilización de la sombra, con

mayor porcentaje de animales descansando al sol. El tiempo de pastoreo diurno fue similar en ambos tratamientos, con y sin sombra, variando el comportamiento según la sensación térmica del día. A su vez, tampoco existieron diferencias en el porcentaje de utilización de la pastura que indicara una menor actividad de pastoreo, siendo de 50 y 55% para los tratamientos sin y con sombra respectivamente.

Becoña y Casella (1999), en un experimento sobre el efecto de la sombra (con posibilidad de acceso permanente) sobre el comportamiento animal de terneros Holando y Hereford en el periodo estival, estudiaron el comportamiento animal y encontraron que los animales permanecen más horas bajo la sombra los días de mayor temperatura, lo que determina que en días con menor estrés, los animales alarguen su pastoreo por la mañana y a su vez comienzan más temprano el de la tarde, teniendo a lo largo del día más horas de pastoreo que los animales al sol. Se observó que los animales de los tratamientos sin acceso a sombra pastoreaban hasta las 10:30 horas a diferencia del tratamiento con sombra donde el pastoreo se interrumpía a las 9:30, para dirigirse al confort de la sombra. La actividad de pastoreo se retomaba a las 17:00 para los animales del tratamiento sin sombra y a las 16:30 para aquellos animales del tratamiento con sombra. Este comportamiento también fue observado por Azanza y Machado (1997), donde se observó que los animales al sol extienden durante más tiempo el pastoreo en la mañana y los animales con acceso a sombra voluntario reanudan antes el pastoreo en la tarde.

2.4.1.2 Efecto de la sombra sobre la performance animal

En el cuadro 5 se presenta un resumen de los resultados encontrados en diferentes experimentos que muestran el efecto de la sombra sobre la performance animal.

Cuadro 5: Respuesta animal (medida como ganancia de peso vivo (PV) o producción de leche) frente a la utilización de sombra como método para disminuir el estrés calórico en verano (resumen de resultados).

Categoría y raza	Pasturas y disponibilidad	Lugar y rango de temperaturas	Tratamientos	Ganancia PV o Producción de leche	Autor
Novillos (15 meses)	Trébol rojo, raigras 3900 kg MS/ha	Uruguay 18-29 °C	T1: sin acceso sombra T2: con acceso sombra	0.231 ^a kg/animal/día 0.360 ^a kg/animal/día	Rovira (2002)
Novillos Hereford (18 meses)		Oklahoma USA (evaluación 4 veranos, 1959-1962) Max 45 °C	T1: sin acceso sombra T2: con acceso sombra	8.6 kg/animal mas en T2 vs T1, variando desde 1.8 a 13.6	McIlvain y Shoop (1970)
Novillos Hereford (18 meses)		USA	T1: sin acceso sombra T2: con acceso sombra	0 ^b kg/animal/día 0.586 ^a kg/animal/día	McDaniel y Roerk, citados por Sharrow (2000)
Novillos (en terminación)	Sudangras 4400 kg MS/ha	Uruguay 18-29 °C	T1: sin acceso sombra T2: con acceso sombra	0.451 ^b kg/animal/día 0.513 ^a kg/animal/día	Rovira (2002)

Cont...

Cuadro 5 continuación: Respuesta animal (medida como ganancia de peso vivo (PV) o producción de leche) frente a la utilización de sombra como método para disminuir el estrés calórico en verano (resumen de resultados).

Terneras Hereford Y Holando	Trébol rojo, trébol blanco, Lotus corniculatus y Dactylis 3600 kg MS/ha	Uruguay 16-30 °C	T1: Hereford sin sombra T2: Hereford con sombra ----- T3: Holando sin sombra T4: Holando con sombra	0.68 ^b kg/animal/día 0.82 ^a kg/animal/día ----- -- 0.79 ^b kg/animal/día 0.91 ^b Kg/animal/día	Becoña y Casella (1999)
Vacas Holando	Trébol rojo y sorgo forrajero	Uruguay 19-32 °C	T1: sin acceso a sombra T2: con acceso a sombra	0 ^b kg/animal/día 0.27 ^a Kg/animal/día	Ivernizzi y Marziotte (1998)
Vacas Holando	Sorgo forrajero	Uruguay 23-30 °C	T1: sin disponibilidad de sombra T2: con disponibilidad de sombra	16.57 ^b l/animal/día 17.29 ^a l/animal/día	Azanza y Machado (1997)
Vacas Holando		Argentina T1: 32.8 ± 4°C T2: 29.7 ± 2.9 °C	T1: sin acceso a sombra T2: con acceso a sombra	17.19 ^b l/animal/día 18.08 ^a l/animal/día	Comeron et al., citados por Azanza y Machado (1997)
Vaquillonas	Feed lot	USA 15-54 °C	T1: sin disponibilidad de sombra T2: con disponibilidad de sombra	11.34 kg/animal mas T2 vs. T1	Galyean et al. (2001)
Ovejas Suffolk	Pradera anual	Chile 29-40 °C	T1: sin acceso a sombra T2: con acceso a sombra	5.3 ^b kg/animal 11.0 ^a kg/animal	Caro y Olivares (1998)

a; b medias seguidas por distinta letra en la fila difieren estadísticamente P<0.05

Del cuadro 5, se desprende que el acceso de animales a la sombra mejora la performance, sin importar la categoría o especie animal; y cuanto mayor es la temperatura mayor es su efecto.

Valtorta y Gallardo (2003), señala que no sólo observó un efecto positivo de la sombra sobre el confort, sino que además las vacas manejadas con sombra produjeron mayor cantidad de leche con mayor contenido de proteína, que las que se encontraban bajo el sol. A su vez el efecto de la sombra sin suplementación fue similar al de la suplementación sin sombra. Flamenbaum (1997) en experiencias realizadas en la Estación Experimental Rafaela de INTA (Argentina), encontró que los animales a la sombra desde las nueve de la mañana hasta las cinco de la tarde, en las épocas más calurosas con agua y pasto, mejoraban la producción de leche un 12 por ciento con respecto a las vacas que no tuvieron sombra.

2.4.1.3 Instalación de sombra artificial

La recomendación en el uso de la sombra, para minimizar la radiación sobre el animal es de una superficie de 3.5 a 4.5 m² por animal, con una altura mínima de 3.5 a 4.5 m. La orientación a lo largo es de norte a sur, permitiendo así sombra en la mañana y la tarde (Armstrong, 1994). Giraudo (2003) considera valores similares con una altura mínima de 3 m, orientación norte-sur, y con una disponibilidad de sombra por animal recomendada de 4 a 5 m² (3-4 m² si la zona es seca y 8 m² si la zona es húmeda). Valtorta y Gallardo (2003), coinciden y agregan que la superficie utilizada como sombra tenga cierta inclinación de forma de impedir la acumulación de agua sobre la misma.

Valtorta y Gallardo (2003) presentan como alternativas distintos tipos de sombra artificial, pudiendo ser de chapa de zinc o de redes plásticas 80%, las primeras son más recomendadas para zonas de estrés constante a lo largo del año y se requieren estructuras duraderas, y las segundas se adaptan mejor a regiones con una estación cálida definida. Armstrong (1994), señala que las mallas de sombra de 80% necesitan de una estructura sólida para su instalación, pero este sistema no produce gran protección y tienen una corta vida útil. Sin embargo West (1995) establece que el pasaje de un 20% de la radiación solar a través de esta malla favorece el secado más rápido del suelo.

2.4.2 Efecto del tipo de dieta en el manejo del estrés por calor

Según Rosso (2004), dietas con alta calidad se caracterizan por producir bajos incrementos térmicos, lo cual permite disponer de una mayor concentración energética por unidad de volumen de forraje ingerido. Es así que las dietas se clasifican como dietas frías o calientes. Valtorta y Gallardo (2003), señalan que las dietas frías se caracterizan por una alta digestibilidad, bajo nivel de fibra, tasas de digestión y pasaje normales, llenado ruminal bajo y baja degradabilidad de la proteína, mientras que las dietas calientes presentan baja digestibilidad, altos niveles de fibra, digestión lenta, baja tasa de pasaje, alto llenado ruminal y alta degradabilidad de la proteína

Las dietas frías se las puede definir haciendo referencia a los alimentos que disminuyen el incremento calórico originado durante la fermentación y el metabolismo (Valtorta y Gallardo, 2003). Valtorta y Gregoret (2005), señalan que las dietas frías son concentrados energéticos y/o proteicos con alta proporción de nutrientes de sobrepaso (grasas y/o proteínas by-pass).

Azanza y Machado (1997), concluyen que el nivel de suplementación minimiza el efecto del estrés térmico. Cuando se utiliza un concentrado que provoque una “dieta fría”, suministrado a razones elevadas por animal por día se pueden lograr niveles de producción elevados sin tener acceso a la sombra.

2.4.3 Suministro de agua

Para un animal bajo estrés calórico el nutriente más limitante es el agua. (Valtorta y Gallardo, 2003). Giraudo (2003) establece que el consumo de agua provoca una situación de confort al animal, ya que disminuye la temperatura del retículo del rumen, y actúa como vía de regulación térmica bajo la forma de vapor a través del jadeo.

Daly, citado por Blackshaw y Blackshaw (1994), menciona que en áreas sin acceso a la sombra el agua actúa parcialmente de forma sustitutiva a la sombra.

El suministro de agua en verano debe ser abundante, debido a que se incrementa su consumo, a su vez, la calidad debe ser controlada ya que es un factor que limita su ingesta. En cuanto a la temperatura del agua esta no es de mayor importancia si el suministro es mediante flujo “continuo” (Valtorta y Gallardo, 2003).

Caro y Olivares (1998), evaluaron el efecto de la sombra proyectada por *Acacia caven* en el consumo de agua bebida y peso vivo de ovinos Suffolk en una pradera anual de clima mediterráneo durante el periodo estival. Se trabajó en dos condiciones, un potrero de 1 ha de superficie donde se eliminó la presencia arbórea, y otro, donde se mantuvo una densidad de 59 espinos por ha. Se midió el consumo de agua entre enero y marzo de 1996. El consumo de los animales que tuvieron acceso a sombra fue significativamente inferior ($P \leq 0,05$), ya que no superó los 7,5 l/d/animal, en cambio las ovejas que no dispusieron de sombra consumieron en promedio 11,3 l/d/animal durante los 3 meses, lo que señala una diferencia de 33% de consumo.

2.5 ENCIERRO DIURNO COMO ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DEL ESTRÉS CALÓRICO Y SU EFECTO EN EL COMPORTAMIENTO ANIMAL

Los diferentes métodos de control del estrés calórico revisados consideraron el efecto que tienen estos cuando se encuentran siempre disponibles para los animales. Pero que pasa en un pastoreo rotativo donde es muy difícil que los animales accedan continuamente a la sombra (ya sea natural o artificial), y donde la alternativa sería encerrarlos donde si haya disponibilidad de ella durante un cierto período. La pregunta sería si la utilización de encierro diurno (en las horas de mayor radiación) con sombra y agua que contribuye a disminuir el estrés de los animales, pero que también provoca una disminución en el tiempo de acceso a la pastura por parte de los animales y por lo tanto

una situación de ayuno; podría hacer variar el comportamiento animal, pudiendo repercutir sobre el CMS de forraje y por lo tanto en la performance animal.

Por lo tanto este capítulo tiene como objetivo presentar antecedentes que respaldan la utilización de este tipo de manejo, y como es compensado el menor tiempo de acceso a la pastura al ser encerrados los animales.

Wales et al. (1998), Patterson et al. (1998) señalan que animales en ayuno adaptan su comportamiento de consumo incrementando su tasa de bocado, profundidad de bocado y peso de bocado. Según Chilibroste et al. (2005), estos cambios han sido asociados con tendencias o mejoras significativas en la performance animal.

Beretta et al. (2005) en un experimento con animales manejados al 6% de asignación de forraje con pastoreo libre ó restringido (encierro con agua y sombra entre las 10:00 y 16:00 horas, sin suplemento y suplementados con granos y afrechillo de arroz integral) obtuvieron ganancias diarias de 0.746 kg/animal/día para pastoreo libre y 1.005 kg/animal/día para pastoreo restringido, siendo diferentes estadísticamente ($P=0.0160$), y no existiendo efecto de la suplementación ni del tipo de suplemento ($P>0.05$). Este efecto de la restricción del tiempo de pastoreo fue similar al encontrado por Beretta et al., citados por Beretta et al. (2005), manejando los animales al 9% de asignación de forraje.

A modo de resumen de varios experimentos de diferentes autores se presenta a continuación el cuadro 6 sobre las diferentes respuestas animales al ayuno.

Cuadro 6: Resumen de resultados de experimentos sobre efectos del ayuno sobre la performance y comportamiento animal.

Raza Categoría	Pasturas (kg MS/ha)	Tratamientos	Ayuno (horas)	GDM o PL (kg o l/ani/día)	TP, TD, TR	Tboc (boc/min) o PB	TC	A
H*AA 15 meses	CN rees. (6428±1028) Enero-Abril	T1: testigo	0	0.456 ^b	%P=65.5 %D=10 %R=24.5	Tboc=35		1
		T4: restricción 7-17 hr.	10	0.559 ^a	%P=100 %D=0 %R=0	Tboc=45		
Azawak Terneros destetados	Pasturas anuales 58% FDN 19.5% PC Julio-Mayo	T1: 6 D, 0 N.	18	-0.291	TP=239 min		3.67%PV/h	2
		T2: 6 D, 3 N.	15	-0.220	TP=359 min		3.46%PV/h	
		T3: 6 D, 6 N.	12	-0.204	TP=466 min		1.92%PV/h	
		T4: 9 D, 0 N.	15	-0.269	TP=318 min		2.67%PV/h	
		T5: 9 D, 3 N.	12	-0.193	TP=429 min		1.80%PV/h	
		T6: 9 D, 6 N.	9	-0.174	TP=536 min		2.17%PV/h	
		T7: 12 D, 0 N.	12	-0.162	TP=423 min		2.26%PV/h	
		T8: 12 D, 3 N.	9	-0.088	TP=533 min		2.11%PV/h	
Holando Vacas	TB, G, Ach (2750) Otoño- Invierno	T1: acceso 16 hrs AF 11%	8	25.3 ^a	Ayuno largo menor TP	Tboc: Sin diferencias entre tratamientos	Ayuno largo menor TC	3
		T2: acceso 16 hrs AF 5%	8	21.5 ^b			Ayuno corto mayor TC	
		T3: acceso 8 hrs AF 11%	16	21.5 ^b				
		T4: acceso 8 hrs AF 5%	16	19.7 ^c				

Cont...

Cuadro 6 continuación: Resumen de resultados de experimentos sobre efectos del ayuno sobre la performance y comportamiento animal.

Ovejas lactando	<i>Lolium perenne</i> <i>Phleum pratense</i>	T1: acceso nocturno forraje alto 14.5 hrs	9.5			TB=69 PB=0.0070%PV	1.52%PV/h	4
		T2: acceso nocturno forraje bajo 14.5 hrs	9.5			TB=72 PB=0.0056%PV	1.33%PV/h	
		T3: acceso continuo forraje alto 24 hrs	0			TB=66 PB=0.0052%PV	1.11%PV/h	
		T4: acceso continuo forraje bajo 24 hrs	0			TB=69 PB=0.0045%PV	1.00%PV/h	
Vacas	Festuca Alfalfa Primavera	T1:Festuca 27 cm	1			TB=44 PB=0.067% PV	3.72%PV/h	5
		T2:Festuca 27 cm	2			TB=44 PB=0.072% PV	3.91%PV/h	
		T3:Festuca 27 cm	3			TB=47 PB=0.059% PV	3.57%PV/h	
		T4:Alfalfa 46 cm	1			TB=25 PB=0.130% PV	4.33%PV/h	
		T5:Alfalfa 46 cm	2			TB=27 PB=0.149% PV	5.07%PV/h	
		T6:Alfalfa 46 cm	3			TB=30 PB=0.156% PV	5.97%PV/h	

Cont...

Cuadro 6 continuación: Resumen de resultados de experimentos sobre efectos del ayuno sobre la performance y comportamiento animal.

Holando Vacas	Avena (1600) Otoño-Invierno	T1: acceso 8 hrs (6:30-14:30) T2: acceso 6 hrs (8:30-12:30 y 16:30-18:30) T3: acceso 6 hrs (12:30-14:30 y 16:30-20:30)		17.7 ab 18.2 ab 20.0 a	TP=274 min TP=283 min TP=292 min	Sin diferencias estadísticas entre ayuno y PB		6
Holando Vacas	TB, L, F (1600) Otoño	T1: acceso 8 hr (7:00-15:00) AF 16 kg MS/vaca T2: acceso 4 hr (7:00-11:00) AF 16 kg MS/vaca T3: acceso 4 hr (11:00-15:00) AF 16 kg MS/vaca	16 20 20	25.2 a 23.1 b 23.5 b	TP=229 ^a min TR=393 min TP=193 ^b min TR=418 min	TC=28.8g/min TC=33.7g/min		7, 8
Holando Vacas	Avena Otoño-Invierno	T1: pastoreo libre, 3 kg suplemento T2: pastoreo libre, 6 kg suplemento T3: ayuno 4 h, 3 kg suplemento T4: ayuno 4 h, 6 kg suplemento T5: ayuno 8.5 h, 3kg suplemento T6: ayuno 8.5 h, 6 kg suplemento	0 0 4 4 8.5 8.5		TP=486 min TP=438 min TP=412 min TP=430 min TP=355 min TP=431 min			9

Referencias: CN: campo natural; TB: trébol blanco; G: gramínea; L: lotus; F: festuca; Ach: achicoria; GDM: ganancia diaria media; PL: producción de leche; TC: tasa de consumo; TBoc: tasa de bocado; TP: tiempo de pastoreo; TR: tiempo de rumia; TD: tiempo de descanso; PB: peso de bocado; D: pastoreo diurno; N: pastoreo nocturno; PV: peso vivo; h: hora; min: minuto; boc: bocados; %P: porcentaje de pastoreo; %D: porcentaje de descanso; %R: porcentaje de rumia.

A: Autores: 1- Carrau et al. (2003), 2- Ayantunde et al. (2001), 3- Chilibroste et al. (1997), 4- Iason et al. (1999), 5- Dougherty et al. (1989), 6- Chilibroste et al. (1999), 7- Mattiauda et al. (2003), 8- Mattiauda et al. (2004), 9- Soca et al. (1999).

De los distintos experimentos que se resumen en el cuadro, podemos inferir que cuando los animales son sometidos a un ayuno, estos compensan el menor tiempo que tienen de acceso a la pastura, con una mayor proporción del tiempo a la actividad de pastoreo en detrimento de actividades como (rumia y descanso). A su vez, presentan una mayor tasa de consumo, como resultado generalmente de un aumento en la tasa de

bocado, y en menor medida por un aumento en el peso de bocado que estaría mas relacionado a las características de las pasturas, en cuanto a calidad y cantidad.

También se destaca que luego de 8 a 10 horas de ayuno, el animal a pesar de estar mayor proporción del tiempo pastoreando, tener una mayor tasa de bocado y un mayor peso de bocado, no compensaría su consumo en relación a animales sin ayuno. Esto llevaría a decir que encierros de más de 8 a 10 horas de ayuno podrían no tener el efecto deseado en verano y quizás perjudicar más que si los animales permanecieran en pastoreo libre.

Según Chilibróste et al. (2005), la restricción en el tiempo de pastoreo que genera una situación de ayuno para el animal produce cambios en el metabolismo de los animales, ya que disminuye la absorción de nutrientes provenientes del tracto gastrointestinal y comienzan procesos catabólicos para cubrir los requerimientos de mantenimiento de los animales. Soca (2000), Houston, citado por Soca et al. (2001), Cabrera y Viscaluz (2001) indican que esto produce cambios en el animal, afectando el consumo y la selección de la dieta, y contribuyen a explicar los cambios que los animales realizan en referencia a peso de bocado y estrategia de pastoreo. Sin embargo Chilibróste (1999), concluye que el peso del bocado depende más de las características de las pasturas que del estado del animal y que su disminución durante la sesión de pastoreo estaría explicada por las variaciones que sufre la pastura durante el proceso de defoliación.

Dougherty et al. (1989), Patterson et al. (1998), Greenwood y Demment (1998), Iason et al. (1999), encuentran que el ayuno o la restricción en el tiempo de pastoreo conduce a incrementos de la tasa de consumo a través de un aumento de la tasa de bocado sin modificar el peso del bocado. Sin embargo Patterson et al. (1998), resalta diferentes estrategias según el largo del ayuno. Con ayunos superiores a las seis horas se produce un incremento en la tasa de consumo y en el tamaño de bocado, mientras que

con ayunos menores ocurre un aumento en la tasa de bocado manteniendo relativamente constante el tamaño de los mismos.

Dougherty et al. (1989), sugieren que estas mayores tasas de bocado llevan a una menor selectividad causada por la sensación de hambre, sin embargo estos autores no realizaron evaluaciones de la calidad de la dieta consumida que lo verificara. Señalan también que el efecto del ayuno interactúa con la digestibilidad. Es así que, cuando se pastorean forrajes de alta digestibilidad el aumento en el tiempo de ayuno aumenta la tasa de consumo debido a un aumento en la tasa de bocado sin afectar el peso del bocado. En cambio cuando se pastorean forrajes de baja digestibilidad, el largo de ayuno no tiene efectos directos sobre el comportamiento ingestivo encontrándose menores tasas de consumo a medida que aumenta el intervalo entre pastoreos debido a una disminución en el peso del bocado pero sin cambiar la tasa de bocado.

Dougherty et al. (1989) también señala que el ayuno afecta el tiempo de pastoreo total, produciendo una menor cantidad de sesiones de pastoreo pero de mayor duración. A su vez Ayantunde et al. (2001), encontraron que a medida que los animales disminuyeron el tiempo total de acceso al pastoreo se detectó un aumento en el porcentaje del tiempo pastoreando a medida que los tiempos de ayunos aumentaban. Chilibroste et al. (1997), Greenwood y Demment (1998), Soca et al. (1999), marcan que esta mayor proporción del tiempo dedicada al pastoreo se da principalmente a través de un aumento en el largo de la primera sesión de pastoreo. Chilibroste et al. (1997), Soca (2000) señalan que esto se logra a través de una disminución en el tiempo dedicado a rumia y descanso. Igualmente Stakelum y Dillon (1989), establecen que si bien existe compensación al restringir el tiempo de pastoreo, difícilmente pueda superar las 10 a 11 horas, por lo cual por encima de esto el consumo se vería reducido.

Chilibroste et al. (2005), concluye además que estas prácticas de manejo que involucran tiempos de acceso a la pastura más cortos, si se dan en la tarde generalmente

resultan en sesiones iniciales más largas de pastoreo, mayores tasas de consumo, reducción en el tiempo de rumia durante la sesión de pastoreo, pronunciadas caídas de pH ruminal, así como incrementos en la concentración de los productos de la fermentación y llenado ruminal.

Greenwood y Demment (1998), reportaron que animales ayunados pastorearon un 27% más rápido que los no ayunados a lo largo del día, y esta tasa fue un 60% más rápido en los ayunados en comparación a los no ayunados durante la mañana, mientras que en la tarde no hubo diferencia en la tasa de consumo. Estas diferencias se explican por que los animales ayunados tuvieron tasas de movilidad mandibular mayores en la mañana que en la tarde, mientras que los animales sin ayuno presentaron tasas de movilidad mandibular constantes a través del día. A su vez, los ayunados destinaron una mayor proporción de los movimientos mandibulares a la prehension del forraje y menos a otros tales como masticación, lo que determina un mayor tamaño de partícula del material consumido.

Soca (2000) en un trabajo sobre el efecto del tiempo de pastoreo sobre el consumo y conducta de vacas lecheras, encontró que, los animales restringidos en el tiempo de pastoreo y que eran liberados en la tarde seleccionaban dietas con menores contenidos de fibra, mayor porcentaje de MS y carbohidratos solubles, con respecto a aquellos que pastoreaban libremente. Ayantunde et al. (2001) encontró que los animales que tenían la sesión de pastoreo ubicada en la tarde mostraron mejoras en un 10% en la performance pero no debido a mayor tiempo pastoreando sino a la mejora en las propiedades de la dieta.

2.6. HIPÓTESIS

El encierro de vacunos en crecimiento durante las horas de mayor radiación en el periodo estival, mejora la ganancia de peso vivo respecto a animales que permanecen en pastoreo libre sobre praderas mezcla de gramíneas y leguminosas, pero la magnitud de esta respuesta puede variar dependiendo de la AF a la cual se pastorea.

Este efecto positivo del encierro diurno sobre la performance animal estaría asociado a el o los siguientes mecanismos:

- a) El consumo de MS no se vería afectado por la restricción del tiempo de acceso a la pastura en la medida que mecanismos de compensación actuarían vía modificaciones del comportamiento ingestivo. Esta respuesta podía variar dependiendo de la oferta de forraje a la cual se encuentran pastoreando los animales, asociado a un mayor CMS de forraje al aumentar la AF y mayores oportunidades de selección y búsqueda.
- b) Una reducción en los requerimientos de mantenimiento, asociado a un menor efecto de estrés térmico y actividad aumentando la proporción de nutrientes destinados a ganancia de peso.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN Y PERIODO EXPERIMENTAL

El experimento se llevo a cabo en los potreros 4 y 6 de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (U.P.I.C) de la Estación Experimental “Dr. Mario Alberto Cassinoni” (E.E.M.A.C.) Facultad de Agronomía (32.5° latitud sur, 58° longitud oeste), Paysandú; Uruguay, durante el período comprendido entre 14/01/05 al 18/03/05.

3.2 SUELOS

Los suelos donde se realizó el experimento pertenecen a la Unidad San Manuel cuyo material generador corresponde a la formación Fray Bentos, los suelos dominantes son Brunosol Éútrico Típico (Háplico), y como asociados Brunosol Éútrico Lúvico y Solonetz Solodizado Melánico, según carta de reconocimiento de suelos del Uruguay escala 1:1.000.000 (URUGUAY. MAP. DSF, 1976).

3.3 CLIMA

La región se caracteriza (período 1961-1990) por presentar temperaturas promedio anuales de 17.9° C, con una máxima promedio de 23.8° C y mínima promedio de 12.2° C, la humedad relativa promedio anual es de 73% y precipitaciones acumuladas de 1218 mm por año (Dirección Nacional de Meteorología).

En el cuadro 7 se presentan los valores promedios, máximos y mínimos históricos de la región para los meses de verano en que se efectuó el experimento.

Cuadro 7: Promedios históricos (1969-1990) de temperatura (máxima, mínima y promedio), humedad relativa y precipitaciones para la zona referida.

	ENERO	FEBRERO	MARZO
Temperatura media (°C)	24,8	23,7	21,6
Temperatura máxima media (°C)	31,5	30,0	27,6
Temperatura mínima media (°C)	18,3	17,6	15,7
Humedad relativa (%)	65	69	72
Precipitaciones acumulada por mes (mm)	100	131	147

Fuente: Estación meteorológica Paysandú. Dirección nacional de Meteorología.

3.4 PASTURAS

El experimento fue realizado sobre dos praderas permanentes de primer y segundo año respectivamente, compuestas por *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus*. La primera de ellas (Potrero 4) correspondió a 12,5 ha sembradas en directa el 15/05/2004 con las siguientes densidades: 10 kg/ha de festuca, 2 kg/ha de trébol blanco y 10 kg/ha de lotus, previa aplicación de herbicida glifosato el 20/02/2004 (4 L/ha), y 6/05/2004 (3 L/ha) y fertilizada a la siembra con 18-46-0 (100 kg/ha). Las malezas de mayor presencia al momento de iniciarse el experimento eran: *Ammi spp* y *Cardus acantoides*. Esta pastura fue utilizada desde el 14/01/05 al 27/01/05 luego de un descanso de 60 días y del 5/03/05 al 18/03/05.

Entre el 28/01/05 y el 4/03/05, tras 60 días de descanso, fueron utilizadas 28 ha (Potrero 6) de una pradera sembrada el 26/06/2003, previa aplicación de herbicida glifosato el 03/05/2003 (6 L/ha). La pastura había sido fertilizada a la siembra con 18-46-0 (100 kg/ha), y refertilizada al año con 7-40-0 (80 kg/ha). Las malezas de mayor presencia a la entrada en el potrero eran gramíneas estivales como *Sorghum halepense* y *Digitaria sanguinalis*, y en menor presencia *Cynodon dactylon*.

3.5 ANIMALES

Se utilizaron 32 novillos Hereford de aproximadamente 16 meses de edad, provenientes del rodeo de la E.E.M.A.C., con un PV promedio al comienzo del experimento de 298 ± 38 kg.

Los animales estuvieron sometidos a un manejo pre-experimental, pastoreando una base forrajera común a todos los lotes. Durante 20 días pastorearon sobre sorgo forrajero, pasando a la pastura del experimento, 11 días previo al inicio del mismo.

3.6 TRATAMIENTOS

Los animales fueron asignados al azar, previa estratificación por peso vivo, a uno de cuatro tratamientos, organizados en un arreglo factorial producto de la combinación de dos AF (6 o 12 kg de MS cada 100 kg de PV) y dos tiempo de acceso a la pastura: entre las 10:00 y 17:00 horas los animales eran retirados de la pastura y colocados en un corral con sombra y agua ad libitum; o pastoreo libre, donde los animales no tenían sombra ni acceso al agua, por lo que el suministro de agua se realizaba en dos oportunidades en el día, a las 10:00 y 17:00 horas.

En el cuadro 8 a continuación se resumen los tratamientos:

Cuadro 8: Detalle de los tratamientos.

Tratamiento	AF (% PV)	ACCESO A LA PASTURA
T1	6	Pastoreo libre
T2	6	Encierro diurno
T3	12	Pastoreo libre
T4	12	Encierro diurno

El encierro en el potrero 4, dispuso de sombra natural, proveniente de árboles presentes en el potrero; en tanto en el potrero 6 se utilizó sombra proveniente de árboles junto a sombra de malla previamente instalada (2.75 m de altura). En ambos casos, se considero un área de sombra de 3.5 m² por animal.

3.7 MANEJO ALIMENTICIO

Fue realizado pastoreo rotativo con cambio de franja en forma diaria, cada tratamiento pastoreaba en una parcela independiente. El cambio de franja se realizaba en la mañana (10:00 horas), por lo cual los animales con encierro entraban a la nueva parcela a las 17:00 horas, una vez que salían del mismo. La AF para cada tratamiento fue ajustada semanalmente variando el área de pastura ofrecida, a través de hilo eléctrico, de acuerdo con la biomasa de MS disponible y el PV animal.

3.8 MANEJO SANITARIO

En el cuadro 9 se presenta el manejo sanitario durante el experimento.

Cuadro 9: Manejo sanitario.

Fecha	Tratamiento	Producto comercial
02/02/05	Baño de inmersión	Ciper 15
02/02/05	Vacunación contra fiebre aftosa	Aftosan
02/02/05	Vacunación contra saguaipé y parásitos GI	Nitromectina
18/03/05	Baño de inmersión	Ciper 15

Coincidiendo con las pesadas de los animales, se realizó tratamiento contra queratoconjuntivitis en los animales que lo requerían.

3.9 DETERMINACIONES REALIZADAS

3.9.1 Registros meteorológicos

Los registros de temperaturas (máximas, mínimas y promedio) y humedad relativa (máxima, mínima y promedio) durante el periodo en estudio fueron tomados de la estación meteorológica de la Estación Experimental “Dr. Mario Alberto Cassinoni” (E.E.M.A.C.). Fuente de acceso <http://www.fagro.edu.uy/~eemac/>

A partir de estos registros se estimó el índice de temperatura y humedad (ITH), utilizando la fórmula $ITH = (1.8 T + 32) - (0.55 - 0.55HR) (1.8T - 26)$, Valtorta (1994), donde T es la temperatura del aire (°C), y HR la humedad relativa (fracción decimal). Para la estimación de este índice se consideró la temperatura y humedad promedio de cada día.

3.9.2 Pastura

Dentro de las mediciones en pasturas se encuentran: disponibilidad de forraje, altura del forraje, consumo, calidad del forraje ofrecido y rechazado, dinámica de defoliación y utilización de forraje.

3.9.2.1 Disponibilidad de forraje

La disponibilidad de forraje (kg/ha) fue estimada semanalmente para el área que se proyectaba utilizar en los siguientes siete días, con el fin de ajustar la AF para cada tratamiento. La técnica utilizada fue la de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975), con el marcado y corte de 2 escalas de 3 puntos cada una (nivel máximo, mínimo e intermedio de disponibilidad de forraje). Para cada punto de la escala se cortó al ras del suelo con tijera de aro el forraje comprendido en el área encerrada en un cuadrado de $0,09 \text{ m}^2$ (0,3 X 0,3 m), las muestras se secaron en estufa de aire forzado a no más de 60°C , por 48 horas; y se determinó la disponibilidad en MS de cada punto de la escala (kg/ha). La pastura en cada parcela fue relevada en 100 puntos al azar asignando un puntaje de escala. La disponibilidad promedio, fue luego calculada o ponderada a partir de la frecuencia relativa de cada punto.

3.9.2.2 Altura del forraje disponible

La altura del forraje se midió en 5 puntos de la diagonal del cuadrado utilizado en cada punto de la escala, previo al corte de la misma para medir disponibilidad. La altura se determinó con regla registrándose el punto más alto de la hoja viva más alta que toca la regla sin extender.

3.9.2.3 Consumo de forraje

El consumo de forraje se estimó como la diferencia entre la biomasa de forraje disponible a la entrada a la parcela y la rechazada, según Método Agronómico (Moliterno, 1997a, 1997b). Ambas variables fueron medidas durante tres días consecutivos en las semanas 2, 5, 6 y 8, en cada uno de los cuatro tratamientos.

Tanto el forraje disponible a la entrada como el rechazo, fueron estimados mediante la técnica de doble muestreo ya descrita, muestreándose 100 y 200 puntos por parcela para los tratamientos de 6% de AF y 12 % de AF, respectivamente.

A su vez, para comparar se estimó el consumo mediante los modelos de Allden y Whittaker (1970), CSIRO (1994):

$$\text{CMS} = \text{TC} * \text{TP} \text{ (Allden y Whittaker, 1970)}$$

donde CMS es el consumo de materia seca, TC es la tasa de consumo y TP el tiempo de pastoreo.

$$\text{TC} = \text{TB} * \text{PB} \text{ (Allden y Whittaker, 1970)}$$

donde TB es la tasa de bocado y PB el peso de bocado.

$$\text{PB} = 0.49 \text{ g/bocado para los de pastoreo libre (Soca, 2000)}$$

$$\text{PB} = 0.60 \text{ g/ bocado para los animales encerrados (Soca, 2000)}$$

$$\text{CMS} = p * d * f \text{ (CSIRO, 1994)}$$

donde p es el consumo potencial.

$$p = a * s * z * (1.7 - z)$$

donde a toma el valor de 0.024, s es el peso estándar y z el tamaño relativo.

$$z = \text{NW} / s$$

donde NW es el peso normal

$$NW = s - (s - PN) * (e^{(-0.0115 * edad/s)^{0.27}})$$

donde PN es el peso al nacer

$$d = 1.0 - a * (0.8 - q) + 0.17 \text{leg}$$

donde a es una constante, q es la digestibilidad de la materia seca y leg la proporción de leguminosas.

$$f = (1.0 - e^{(-ah)}) * (1.0 + c * e^{(-bh^2)})$$

donde h es la disponibilidad de forraje en toneladas de materia seca por hectárea, a una constante de valor 0.8, b una constante de valor 0.5, y c otra constante de valor 0.6.

3.9.2.4 Calidad del forraje ofrecido y del rechazado

En un solo día de los tres en los que se realizaron cortes para consumo (tanto en forraje ofrecido como en el rechazo), se cortaron 5 cuadrados de 30*30 cm tirados al azar en cada uno de los tratamientos.

Las muestras frescas fueron caracterizadas botánicamente en base a su composición (gramíneas, leguminosas, malezas y restos secos) mediante separación manual de las diferentes fracciones. Posteriormente se secaron en estufa (manteniendo la individualización de las muestras) a no más de 60 °C por 48 horas, para su posterior molienda y análisis químico. Se determinaron mediante la técnica AOAC (1990) las fracciones Cenizas (C%), Proteína cruda (PC%), Fibra Detergente Ácido corregida por cenizas (FDAcc %) y Lignina Detergente Ácido (LDA%), expresados en base seca; y la Fibra Detergente Neutro corregida por cenizas (FDNcc%) a través de la técnica presentada en Van Soest et al. (1991).

3.9.2.5 Dinámica de defoliación de la pastura

Durante dos de los días en que se midió consumo de forraje, luego de determinar la altura del forraje a la entrada de los animales en cada parcela, la misma se continuó

midiendo cada tres horas durante el período de horas luz, y hasta la salida de la franja, finalizando con la altura del rechazo. Se midieron 50 y 100 puntos de altura de forraje para los tratamientos de 6 y 12 % de AF respectivamente.

3.9.2.6 Utilización del forraje

La utilización del forraje se estimó, como lo desaparecido sobre lo ofrecido en porcentaje. Este calculo se realizo las mismas semanas en que se estimó consumo.

3.9.3 Animales

3.9.3.1 Peso Vivo

Esta determinación se realizó semanalmente, siempre por la mañana y previo ayuno de 12 horas.

La pesada fue realizada en forma individual sin orden de ingreso predeterminado, y con balanza electrónica (hasta 2000 ± 0.5 kg).

3.9.3.2 Comportamiento ingestivo

En dos días consecutivos durante los días en los que se midió consumo, en cuatro animales por tratamiento elegidos al azar se registró su comportamiento cada 15 minutos en el período de horas luz. El registro del comportamiento consistió en observar si el animal pastoreaba, rumiaba, jadeaba o descansaba. No se tomaron registros mientras los animales estuvieron en el encierro, sólo se continuó registrando en los de pastoreo libre.

Cada dos horas se reguistró la tasa de bocado de cada animal sorteado, contando el número de bocados de prehensión realizados en un minuto.

3.9.3.3 Requerimientos energéticos y proteicos

Se estimaron a partir de las ecuaciones del AFRC (1993) y CSIRO (1994) la energía metabólicable de mantenimiento (EMm) y ganancia de peso (EMg), y la proteína metabólicable de mantenimiento (PMm) y de ganancia de peso (PMg), considerando las ganancias diarias logradas por los animales durante el período experimental (Anexo 30).

3.9.4 Modelo estadístico

Variabes de respuestas analizadas:

- En el animal: ganancia de peso, comportamiento ingestivo (pastoreo total y patrón de pastoreo, rumia total, descanso total, tasa de bocado), CMC.
- En la pastura: biomasa y altura rechazo post pastoreo, porcentaje de utilización, composición botánica.

Ganancia de peso

Fue utilizado un modelo lineal mixto de heterogeneidad de pendientes del peso vivo en función del tiempo, de la forma general:

$$PV_{ijkl} = \beta_0 + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij} + \varepsilon_{ijk} + \beta_1 D_{ijkl} + \beta_{1i} \alpha_i D_{ijkl} + \beta_{1j} \tau_j D_{ijkl} + \beta_{1ij} (\alpha\tau)_{ij} D_{ijkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

PV_{ijkl} es el peso vivo de cada animal en cada día

β_0 es el intercepto general

α_i es el efecto del i-ésimo nivel de asignación de forraje

τ_j es el efecto del j-ésimo nivel de restricción del pastoreo

$(\alpha\tau)_{ij}$ es la interacción entre asignación de forraje y restricción del pastoreo

ε_{ijk} es el error experimental (entre animales)

β_1 es el coeficiente de regresión (ganancia diaria) del peso en relación al día D_{ijkl}

$\beta_{1;\alpha_i}$ es el coeficiente de regresión para cada asignación de forraje

$\beta_{1;\tau_j}$ es el coeficiente de regresión para cada restricción del pastoreo

$\beta_{1;ij}(\alpha\tau)_{ij}$ es el coeficiente de regresión para cada combinación asignación de forraje-restricción del pastoreo

ε_{ijkl} es el error experimental de la medida repetida (dentro de animales)

La autocorrelación entre medidas repetidas se modeló según un esquema autoregresivo de orden 1.

Consumo de pastura

El efecto de los tratamientos de asignación y restricción sobre las variables relacionadas al consumo grupal de pastura por parte de los animales, y efecto sobre el rechazo, porcentaje de utilización, y altura del rechazo, fue estudiada mediante un modelo lineal con la siguiente forma general:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij} + \psi_k + (\alpha\psi)_{ik} + (\tau\psi)_{jk} + (\alpha\tau\psi)_{ijk} + \delta_1(\psi_k) + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} es la variable de respuesta

μ es la media general

α_i es el efecto del i-ésimo nivel asignación del forraje

τ_j es el efecto del j-ésimo nivel de restricción del pastoreo

$(\alpha\tau)_{ij}$ es la interacción entre asignación de forraje y restricción del pastoreo

ψ_k es el efecto del k-ésimo período (semana)

$(\alpha\psi)_{ik}$ es la interacción entre asignación y período

$(\tau\psi)_{jk}$ es la interacción entre restricción y período

$(\alpha\tau\psi)_{ijk}$ es la interacción entre asignación de forraje, restricción del pastoreo y período

$\delta_l(\psi_k)$ es el efecto del l-ésimo día dentro de cada semana

ε_{ijkl} es el error experimental

Las medias de los efectos significativos fueron comparadas usando pruebas Tukey.

Comportamiento ingestivo

El efecto de los tratamientos de asignación de forraje y restricción del pastoreo sobre las variables relacionadas al comportamiento ingestivo (probabilidad individual de pastoreo, rumia, descanso), fue estudiada mediante un modelo lineal generalizado mixto de medidas repetidas en el tiempo con la siguiente forma general:

$$\text{Ln}(p_{ijkl} / (1 - p_{ijkl})) = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij} + \psi_k + (\alpha\psi)_{ik} + (\tau\psi)_{jk} + (\alpha\tau\psi)_{ijk} + \delta_l(\psi_k)$$

Donde:

p_{ijkl} es la probabilidad de pastoreo, rumia o descanso

μ es la media general

α_i es el efecto del i-ésimo nivel asignación de forraje

τ_j es el efecto del j-ésimo nivel de restricción del pastoreo

$(\alpha\tau)_{ij}$ es la interacción entre asignación de forraje y restricción del pastoreo

ψ_k es el efecto del k-ésima semana

$(\alpha\psi)_{ik}$ es la interacción entre asignación de forraje y semana

$(\tau\psi)_{jk}$ es la interacción entre restricción del pastoreo y semana

$(\alpha\tau\psi)_{ijk}$ es la interacción entre asignación de forraje, restricción del pastoreo y semana

$\delta_l(\psi_k)$ es el efecto del l-ésimo día dentro de cada semana

Se adoptó el supuesto de que el número de veces que un animal realiza una actividad en relación al número de veces observado, tiene distribución binomial

Patrón de pastoreo

El efecto de los tratamientos de asignación de forraje en el patrón de pastoreo fue separado cada tres horas, (entre las 10 a 16 hs solo estudiada para los tratamientos de PL), mediante un modelo lineal generalizado mixto de medidas repetidas en el tiempo con la siguiente forma general:

$$\text{Ln}(p_{ijk} / (1 - p_{ijk})) = \mu + \alpha_i + \psi_j + (\alpha\psi)_{ij} + \delta_k(\psi_j)$$

Donde:

p_{ijk} es la probabilidad de pastoreo

μ es la media general

α_i es el efecto del i-ésimo tratamiento asignación de forraje

ψ_j es el efecto del j-ésima semana

$(\alpha\psi)_{ij}$ es la interacción entre asignación de forraje y semana

$\delta_k(\psi_j)$ es el efecto del k-ésimo día dentro de cada semana

Se adoptó el supuesto de que el número de veces que un animal pastorea en relación al número de veces observado, tiene distribución binomial

Para estudiar el patrón de pastoreo de 16 a 19 hs, de 19 a 21 hs y de 7 a 10 hs, se usó un modelo similar al de comportamiento ingestivo, y fueron estudiados los tratamientos de PL y CE.

El efecto de los tratamientos de asignación de forraje en la tasa de bocado a la hora 10 y a la hora 13, fue estudiada para los tratamientos de PL, mediante un modelo lineal mixto de medidas repetidas en el tiempo con la siguiente forma general:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij} + \psi_k + (\alpha\psi)_{ik} + \epsilon_{ijk} + \delta_l(\psi_k) + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijk} es la variable de respuesta (tasa de bocado)

μ es la media general

α_i es el efecto del i-ésimo tratamiento asignación de forraje

ϵ_{ij} es el error experimental

ψ_k es el efecto del j-ésima semana

$(\alpha\psi)_{ik}$ es la interacción entre asignación de forraje y semana

ϵ_{ijk} es el error de la medida repetida (entre semanas)

$\delta_l(\psi_k)$ es el efecto del k-ésimo día dentro de cada semana

ϵ_{ijkl} es el error de la medida repetida (entre días dentro de semanas)

El efecto de los tratamientos de asignación de forraje y de restricción en la tasa de bocado promedio, horas 0, 3, 6, 16, 19 y 21, fue estudiada para los tratamientos de PL y CE, mediante un modelo lineal mixto de medidas repetidas en el tiempo con la siguiente forma general:

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij} + \epsilon_{ijk} + \psi_l + (\alpha\psi)_{il} + (\tau\psi)_{jl} + (\alpha\tau\psi)_{ijl} + \epsilon_{ijkl} + \delta_m(\psi_l) + \epsilon_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijk} es la variable de respuesta (tasa de bocado)

μ es la media general

α_i es el efecto del i-ésimo tratamiento asignación de forraje

τ_j es el efecto del j-ésimo tratamiento de restricción del pastoreo

$(\alpha\tau)_{ij}$ es la interacción entre asignación de forraje y restricción del pastoreo

ϵ_{ijk} es el error experimental

ψ_l es el efecto del l-ésima semana

$(\alpha\psi)_{il}$ es la interacción entre asignación de forraje y período

$(\tau\psi)_{jl}$ es la interacción entre restricción del pastoreo y período

$(\alpha\tau\psi)_{ijl}$ es la interacción entre asignación de forraje, restricción del pastoreo y período

ϵ_{ijkl} es el error de la medida repetida (entre semanas)

$\delta_m(\psi_l)$ es el efecto del m-ésimo día dentro de cada semana

ϵ_{ijklm} es el error de la medida repetida (entre días dentro de semanas)

Composición botánica

El efecto de los tratamientos de asignación de forraje y restricción sobre las variables relacionadas a la composición botánica (disponibles y rechazos de leguminosas, gramíneas, malezas y restos secos), fue estudiada mediante un modelo lineal general con la siguiente forma general:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + (\alpha\tau)_{ij} + \psi_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} es la variable de respuesta

μ es la media general

α_i es el efecto del i-ésimo tratamiento de asignación de forraje

τ_j es el efecto del j-ésimo tratamiento de restricción del pastoreo

$(\alpha\tau)_{ij}$ es la interacción entre asignación de forraje y restricción del pastoreo

ψ_k es el efecto de la k-ésima semana

ϵ_{ijk} es el error experimental

La autocorrelación entre medidas repetidas se modeló según un esquema aturregresivo de orden 1.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DATOS CLIMÁTICOS

En el cuadro 10 se presentan las temperaturas y humedad relativa promedio, máxima y mínima mensuales registradas durante el período experimental.

Cuadro 10: Temperaturas y humedad relativa promedio, máximas y mínimas del período enero a marzo de 2005.

	ENERO	FEBRERO	MARZO
T° máxima (° C)	33.07	28.87	26.86
T° mínima (° C)	18.51	17.93	14.54
T° promedio (° C)	25.71	23.26	20.59
Humedad relativa (%) máxima	84.99	97.04	96.40
Humedad relativa (%) mínima	35.54	56.38	55.80
Humedad relativa (%) promedio	59.25	77.24	77.20

Fuente UDELAR (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA (2005).

La temperatura media registrada mostró que enero fue un mes con mayor temperatura que el promedio histórico en 0.91°C, mientras que febrero y marzo mostraron temperaturas inferiores en 0.44 y 1.01 °C respectivamente. La temperatura mínima fue algo superior al promedio para enero y febrero (0.21 y 0.33 °C), pero inferior para marzo en 1.16 °C. Las temperaturas máximas mostraron que enero tuvo una mayor temperatura (1.57 °C) que el promedio histórico, mientras que febrero y marzo fue inferior en 1.13 y 0.74 °C. En referencia a la humedad fue inferior al promedio histórico en enero (5.75%), y superior en febrero y marzo (8.24 y 5.2% respectivamente) (Anexo 1).

En función de la temperatura y la humedad máximas registradas durante el período de ensayo se puede afirmar que el ambiente generó un estrés térmico importante en algún momento del día sobre los animales (Anexo 1). Según Valtorta y Gallardo (2003), temperaturas superiores a los 25°C y humedad relativa superior a 60% hacen que el ambiente sea estresante para los animales. Se observó que a medida que fue avanzando el experimento el potencial estresante del ambiente fue disminuyendo. Es así que en enero se registraron 20 días (65%) con temperaturas promedio por encima de los 25° C, en febrero 7 días (25%) y en marzo 4 días (13%), pero si consideramos los días con temperaturas máximas superiores a 25° C, se registraron en enero 30 días (97%), en febrero 23 días (82%) y en marzo 20 días (65%) (Anexo 1).

El índice de nivel de estrés calórico o ITH calculado en base a las temperaturas y humedad relativa promedio de cada día, mostró que en promedio el nivel fue de alerta para los meses de enero (ITH= 74) y febrero (ITH= 72), y sin estrés para marzo (ITH= 68) (según rango de valores considerados por Índice ITH de Dr. Frank Wiersema en el año 1990, Department of Agricultural Engineering, The University of Arizona, Tucson, Arizona).

Enero presentó 26% de los días sin estrés (ITH<72), 77% de los días con estrés en nivel de alerta (ITH entre 72 a 79), y un 3% en nivel de peligro (ITH entre 80 a 89); en febrero un 39% de los días sin estrés y 69% de los días con estrés en nivel de alerta; y en marzo un 77% de los días sin estrés y un 23% de los días en niveles de estrés de alerta (Anexo 27). Con estos valores promedios puede afirmarse que no se habrían registrado niveles importantes de estrés, pero se pueden destacar (considerando temperaturas y humedades relativas máximas) que dentro del año es probable que existan niveles de emergencia de duración variable (Wiersema, 1990, ver Anexo 28).

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PASTURA

En el cuadro 11 se presenta la disponibilidad y altura promedios de la pastura para el período experimental, su composición botánica y química.

Cuadro 11: Disponibilidad, altura, composición botánica y composición química de la pastura ofrecida a cada tratamiento.

Manejo AF (kg MS/100 kg PV)	Pastoreo libre		Con encierro	
	6	12	6	12
Disponibilidad (kg MS/ha)	2908 ^a	2721 ^a	2805 ^a	2754 ^a
Altura (cm)	19,6 ^{ab}	18,0 ^b	20,4 ^{ab}	22,5 ^a
Composición Botánica (%MS)				
Leguminosas	38 ^a	33 ^a	32 ^a	28 ^a
Gramíneas	21 ^a	17 ^a	23 ^a	19 ^a
Malezas	3 ^a	6 ^a	7 ^a	6 ^a
Restos secos	38 ^a	45 ^a	38 ^a	47 ^a
Composición química (%)				
C	10,0	10,9	10,9	12,4
PC	12,8	11,8	11,3	12,2
FDNcc	56,7	57,4	57,1	57,6
FDAcc	32,1	32,2	32,8	32,6
LDA	7,0	5,8	6,3	6,3

^{a, b} medias seguidas por distintas letras en la fila difieren estadísticamente $P < 0.05$

C: cenizas; PC: proteína cruda; FDNcc: fibra detergente neutro con cenizas; FDAcc: fibra detergente ácido con cenizas; LDA: lignina detergente ácido.

La biomasa de forraje ofrecido promedio para todo el periodo fue de 2869 ± 1043 kg MS/ha, sin diferencias estadísticas entre tratamientos ($P > 0.05$), pero varió significativamente entre semanas de muestreo ($P < .0001$) (Anexo 2). El forraje ofrecido presento niveles de disponibilidad inferiores a los encontrados en otros trabajos para el periodo estival y con pasturas similares (4077 kg MS/ha Baldi et al. 2001, 4063 kg MS/ha Rovira 2002, 3730 kg MS/ha Simeone y Beretta 2005), Vaz Martins (2000) resalta que esto esta marcando la variabilidad existente entre años para esta estación en

la producción de las pasturas sembradas, debido principalmente al régimen hídrico que es muy variable para la estación de verano.

La altura promedio fue de 20.8 ± 8.8 cm, encontrándose diferencias estadísticas según el manejo del pastoreo ($P= 0.0478$), y por efecto de la semana de muestreo ($P>.0001$), pero no existieron diferencias estadísticas con AF ($P= 0.8502$), ni con la interacción entre los factores manejo del pastoreo y AF ($P= 0.1543$) (Anexo 3).

Los cuatro tratamientos, sin embargo no presentaron limitantes en altura y disponibilidad para su cosecha, previéndose entonces que estas características no afecten la performance animal. Hodgson (1981), señala que el consumo y por lo tanto la performance animal se reduce cuando la altura de forraje es inferior a los 6 a 8 cm y la disponibilidad inferior a 2000-2500 kg MO/ha.

La composición botánica no presentó diferencias estadísticas para los diferentes tratamientos ($P>0.05$), pero si existieron diferencias estadísticas según la semana de muestreo para leguminosas ($P= 0.0242$) y restos secos ($P= 0.0029$), mientras que para gramíneas ($P= 0.1201$) y malezas ($P= 0.9477$) no existieron diferencias (Anexo 4).

Los parámetros de calidad de la pastura coinciden con los presentados por Baldi et al. (2001), para una pradera mezcla de *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Festuca arundinacea* y *Lotus corniculatus* para el período estival (PC 14.04%, FDNcc 55.37%, FDAcc 39.23%). Beretta et al. (2005) encontró sobre una pradera de *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Lotus corniculatus* y *Festuca arundinacea* que los valores medios de MO, PC, FDN, FDA e NIDA fueron: 86%, 14%, 58%, 42%, y 5%, respectivamente para la estación estival, lo que difiere de lo encontrado fundamentalmente en FDN y FDA, pero este análisis solo consideró el material verde que representaba el 68% del total.

En el cuadro 12 se presentan las características del forraje residual

Cuadro 12: Disponibilidad, altura, composición botánica y composición química de la pastura rechazada a cada tratamiento.

Manejo	Pastoreo libre		Con encierro	
AF (kg MS/100 kg PV)	6	12	6	12
Disponibilidad (kg MS/ha)	1545 ^b	1921 ^a	1561 ^b	1961 ^a
Altura (cm)	9,7 ^a	10,7 ^a	11,2 ^a	12,4 ^a
Composición Botánica (%MS)				
Leguminosas	15 ^a	21 ^a	19 ^a	22 ^a
Gramíneas	16 ^a	19 ^a	23 ^a	18 ^a
Malezas	2 ^a	4 ^a	2 ^a	5 ^a
Restos secos	67 ^a	57 ^a	56 ^a	56 ^a
Composición química (%)				
C	14,6	13,5	11,1	12,0
PC	9,5	10,7	9,6	9,9
FDNcc	63,5	57,2	62,9	66,7
FDAcc	34,2	31,5	37,3	35,4
LDA	5,9	6,8	7,8	7,1

^{a, b} medias seguidas por distintas letras en la fila difieren estadísticamente $P < 0.05$

C: cenizas; PC: proteína cruda; FDNcc: fibra detergente neutro con cenizas; FDAcc: fibra detergente ácido con cenizas; LDA: lignina detergente ácido.

La disponibilidad del rechazo promedio fue de 1747 ± 706 kg MS/ha y una altura de 11.1 ± 5.6 cm. El forraje residual fue significativamente afectado por la AF ($P < .0001$) y por la semana de muestreo ($P < .0001$), pero no por el manejo del pastoreo ($P = 0.6953$) ni por la interacción entre los factores manejo del pastoreo y AF ($P = 0.8667$) (Anexo 5). La altura residual no fue significativamente afectada por la AF ($P = 0.3243$), ni por el manejo del pastoreo ($P = 0.1599$), ni por la interacción entre ambos factores ($P = 0.9143$), pero si por efecto de la semana de muestreo ($P < .0001$) (Anexo 6).

En lo que respecta a la altura del material rechazado, no se encontraron diferencias entre los tratamientos, lo cual puede deberse a dos razones, la primera

referida a que el pisoteo animal hizo que la pastura con mayor disponibilidad quedara a una misma altura que la pradera de menor disponibilidad, por otro lado puede adjudicarse dichas diferencias a la densidad de la pastura. Por lo tanto estos resultados no concuerdan con lo expresado por Le Du et al. (1979) que afirma que la altura del rastrojo puede ser considerado como un buen indicador práctico de la severidad del pastoreo.

El material ofrecido presentó un 33% de leguminosas, 20% de gramíneas, 6% de malezas (% de material verde 58%) y un 42% de restos secos, mientras que el material rechazado mostró un 19% de leguminosas, 19% de gramíneas, 3% de malezas y 59% de restos secos, mostrando que los animales seleccionaron leguminosas y gramíneas frente a malezas y restos secos.

La composición botánica del material rechazado no difirió entre AF ($P>0.05$), ni entre manejos del pastoreo ($P>0.05$), ni para la interacción entre ambos factores ($P>0.05$), pero si para el efecto de la semana de muestreo para leguminosas ($P= 0.0002$), gramíneas ($P= 0.0002$) y restos secos ($P= 0.0002$), mientras que para malezas no fue afectado por la semana de muestreo ($P= 0.0970$) aunque tiene cierta tendencia a ser diferente (Anexo 7).

Como era esperable el forraje rechazado por el animal fue de inferior calidad en comparación a lo ofrecido, observándose un aumento de FDN y una disminución de la PC. Esto indicaría una selección por parte del animal hacia las fracciones de mayor calidad.

Dalley et al. (1999), no encontraron una relación entre la selección diferencial de nutrientes y la asignación de forraje, pero sin embargo Wales et al. (1998) manifiestan que a altas asignaciones los animales seleccionan consistentemente dietas con mayor cantidad de proteína cruda y menor nivel de FDN con respecto a lo ofrecido. En el

presente trabajo un 6% de AF puede ser considerada alta, ofreciendo así al animal similares oportunidades que al 12% de AF, por lo tanto los valores de PC y FDN son similares entre ambas AF.

La utilización del forraje (gráfico 2) fue afectada por la AF ($P < .0001$), y por las semanas de muestreo ($P < .0001$), pero no por el manejo de pastoreo ($P = 0.4615$), ni por la interacción entre los factores manejo del pastoreo y AF ($P = 0.3156$) (Anexo 8).

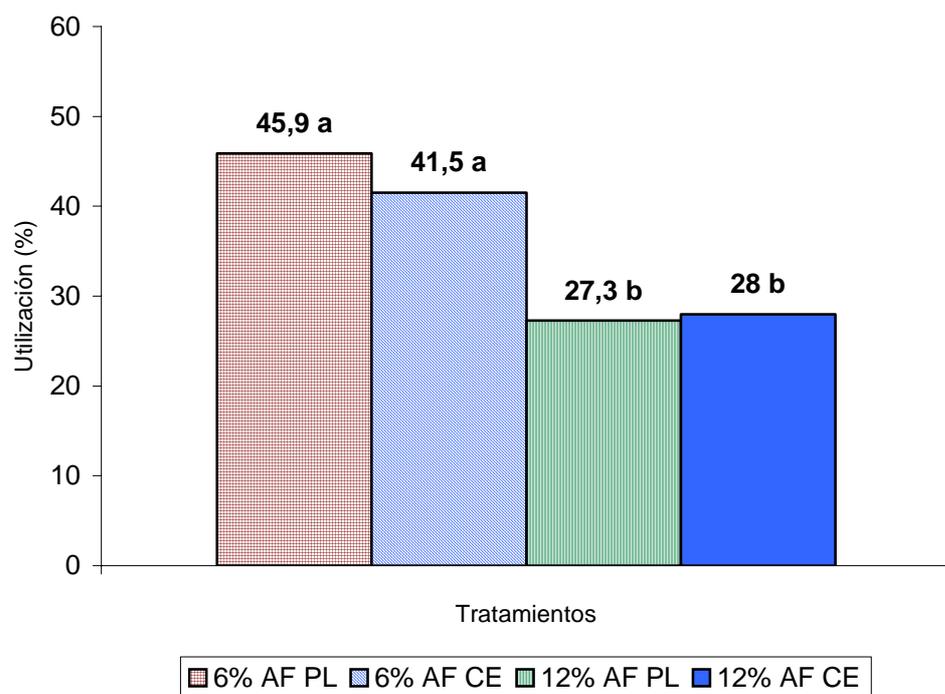


Gráfico 2: Efecto de la asignación de forraje (AF) sobre su utilización (%) por novillos en crecimiento en pastoreo libre (PL) o con encierro diurno (CE) de 10:00 a 17:00 horas.

Dado los porcentajes de utilización registrados puede inferirse que no habría relación con el consumo. Le Du et al. (1979) señala que con utilizaciones de forraje mayores al 50%, el consumo se ve disminuido.

Resultados similares son encontrados por Baldi et al. (2001) en los cuales con AF de 3, 6 y 9% sobre pasturas sembradas en verano obtuvieron utilidades de 69, 51 y 36% respectivamente. Esto concuerda con lo encontrado por Wales et al. (1998), quienes reportaron descensos en el porcentaje de utilización de 54 a 37% cuando la asignación se incrementó de 15 a 40 kg MS/vaca/día. Estos mismos autores, encontraron a su vez, un descenso en la utilización del forraje de 35 a 23% y de 52 a 29% manejando altas y bajas disponibilidades, respectivamente, cuando la asignación de forraje se incremento para ambos casos de 20 a 70 kg MS/vaca/día.

Beretta et al. (2005) con AF de 6% sobre pasturas sembradas en verano, encontraron porcentajes de utilización de 24.3% para pastoreo libre y 23.9% para pastoreo restringido, sin diferencias entre estos últimos. Estos valores son inferiores a los encontrados pero concuerdan en el hecho de que no existieron diferencias entre pastoreo libre y restringido. Carrau et al. (2003), Chilbroste et al. (2005) afirman también que la restricción del tiempo de acceso a la pastura no afectó la utilización de la misma ($P < 0.05$), y lo explican por que existiría una compensación por parte del animal en el aprovechamiento de esa pastura.

4.3 CONSUMO ANIMAL

El análisis del consumo muestra que hubo efecto de la AF ($P = 0.0089$) y de la semana de muestreo ($P < .0001$), pero no del manejo del pastoreo ($P = 0.6548$), ni de la interacción entre los factores manejo de pastoreo y AF ($P = 0.5037$) (Anexo 9). En el cuadro 13 se presentan las medias ajustadas para cada tratamiento.

Esto marca que el tiempo de acceso a la pastura no fue determinante del consumo total diario de MS y que el animal pondría en marcha algún mecanismo como forma de compensar ese menor tiempo de acceso a la pastura y lograr similares niveles de consumo en comparación a aquellos en que el tiempo de acceso no es restringido. Esta tendencia se siguió observando a lo largo de las semanas, en donde las diferencias estuvieron asociadas a la AF pero no al encierro.

Patterson et al. (1998) señalan que ayunos superiores a las seis horas producen incrementos en la tasa de consumo y en el tamaño de bocado, como forma de compensación para lograr mayores consumos a pesar de un menor tiempo de acceso a la pastura.

Cuadro 13: Efecto de la asignación de forraje (AF) y manejo del pastoreo sobre el consumo de materia seca como porcentaje de peso vivo (PV).

	AF (kg MS/100 kg PV)		Promedio
Manejo	6	12	
Pastoreo libre	2.82	3.34	3.23 ^a
Con encierro	2.56	3.39	3.10 ^a
Promedio	2.83 ^b	3.50 ^a	

^{a, b} medias seguidas por distintas letras en la fila y columna difieren estadísticamente $P < 0.05$

Wales et al. (1998), asociaron un mayor consumo con mayores cantidades de forraje por animal. Según lo expresado por Chacon y Stobbs (1976), Hodgson (1981), Cangiano y Gómez (1985), Forbes (1988), Cangiano et al. (1997a) (cuadros 11, 12 y gráfico 2), ni la disponibilidad de forraje, ni la altura del forraje (ofrecido y rechazado), fueron limitantes para el consumo animal, en consecuencia las diferencias encontradas se atribuyen exclusivamente a la AF. Lo cual se explica en que si bien el ambiente generó una situación de estrés, lo que determinaría una disminución en el consumo

(Hahn et al., 1999), el animal tuvo capacidad de compensación en las horas mas frescas del día para poder alcanzar un mayor consumo (Valtorta y Gallardo, 2003), a su vez una mayor AF llevó a un mayor consumo, siendo esto coincidente con lo expresado por varios autores en el cuadro 1 (Berasain et al. 2002, Bartaburu et al. 2003, Elizondo et al. 2003, Simeone 2005).

Según Waldo (1986) la cantidad de alimento que un animal puede consumir es el factor más importante en la determinación de la performance animal, por lo tanto sería de esperar que los animales pastoreando con 12% de AF al tener un mayor consumo obtuvieran mejores ganancias diarias que los que se encontraban a 6% de AF, pero esto será analizado más adelante.

En el cuadro 14 se compara el consumo de forraje estimado por el Método Agronómico (Moliterno, 1997a, 1997b), frente al predicho según los modelos de estimación de Allden y Whittaker (1970), CSIRO (1994).

Cuadro 14: Efecto de la asignación de forraje (AF) y manejo del pastoreo sobre el consumo de materia seca como porcentaje de peso vivo (PV), estimado a partir del modelo de Allden y Whittaker (1970), CSIRO (1994), Método Agronómico (Moliterno, 1997a, 1997b).

Manejo	Pastoreo libre		Con encierro	
	6	12	6	12
AF (kg MS/100 kg PV)				
Moliterno (1997)	2.82	3.34	2.56	3.39
CSIRO (1994)	2.74	3.31	2.50	3.50
Allden y Whittaker (1970)	0.93	0.75	1.51	1.78

Del cuadro 14 se concluye que la estimación de consumo a través de CSIRO (1994) fue muy similar al Método Agronómico (Moliterno, 1997a, 1997b), mientras que la estimación a través de la ecuacion presentada por Allden y Whittaker (1970) no

presenta valores cercanos, ni siquiera la tendencia presentada por los otros dos, en cuanto a un mayor consumo a mayor AF.

4.4 COMPORTAMIENTO ANIMAL

4.4.1 Tiempo de pastoreo, rumia, descanso y jadeo

El comportamiento animal en pastoreo fue evaluado como la proporción del tiempo de horas luz que el animal dedicaba a las actividades de pastoreo, rumia, descanso y jadeo (cuadro 15).

Cuadro 15: Efecto de la asignación de forraje (AF) y del manejo del pastoreo sobre la proporción del tiempo de horas luz que el animal dedica a las actividades de pastoreo, rumia, descanso y jadeo, mientras está en la pastura.

Manejo AF (kg MS/100 kg PV)	Pastoreo libre		Con encierro	
	6	12	6	12
Pastoreo	53 ^b	45 ^c	80 ^a	82 ^a
Rumia	10 ^{ab}	13 ^a	5 ^b	6 ^b
Descanso	18 ^a	11 ^{bc}	13 ^{ab}	7 ^c
Jadeo	19	31	2	5

expresado como % referido al tiempo total.

^{a, b} medias seguidas por distintas letras en la fila difieren estadísticamente $P < 0.05$

La proporción del tiempo de observación dedicado al pastoreo no fue afectada significativamente por la AF ($P = 0.4366$), pero si por el manejo del pastoreo ($P < 0.0001$), por la interacción entre los factores manejo de pastoreo y AF ($P = 0.0161$) y por la semana de muestreo ($P < 0.0001$) (Anexo 10).

El encierro con sombra y agua determinó que, durante el tiempo de permanencia en la pastura, los animales dedicarán una mayor proporción de este al pastoreo ($P < 0.05$),

independientemente de la AF, en comparación con los que permanecieron en pastoreo libre. Estos últimos, redujeron el tiempo de pastoreo al aumentar la AF ($P < 0.05$) y a su vez el consumo aumentó (cuadro 13), pudiéndose explicar esto por una mayor tasa o peso de bocado de los tratamientos de 12% en comparación a los de 6% de AF (Chacon y Stobbs 1976, Hodgson 1981, Cangiano y Gómez 1985, Forbes 1988, Cangiano et al. 1997b).

Chilibroste et al. (1997), Greenwood y Demment (1998), Soca et al. (1999), coinciden en la afirmación de que el ayuno previo al pastoreo aumenta la proporción del tiempo dedicada a esta actividad. Esto también es expresado por Chilibroste et al. (1997), Soca (2000), quienes sostienen que esto se logra a través de una disminución en el tiempo dedicado a rumia y descanso.

Varios autores (Iason et al. 1999, Chilibroste et al. 1999, Soca et al. 1999, Carrau et al. 2003) reportan valores de proporción del tiempo dedicada al pastoreo coincidentes a los encontrados en este trabajo para similares tiempos de ayunos, en donde se señalan aumentos en los tiempos y proporciones del tiempo dedicadas al pastoreo en comparación a animales que no tuvieron restricciones en el tiempo de acceso a la pastura.

La proporción del tiempo de observación dedicada a la rumia no mostró efecto significativo de la AF ($P = 0.2432$), ni de la interacción entre los factores manejo del pastoreo y AF ($P = 0.6698$), pero sí del manejo del pastoreo ($P = 0.0027$), y de la semana de muestreo ($P < .0001$) (Anexo 11).

Es probable que los animales con encierro diurno trasladen la actividad de rumia para el momento en que pasaron en el encierro con sombra y agua (momento en que no se midió la actividad), o bien para la noche. Igualmente Chilibroste et al. (1997), Soca

(2000) señalan que la mayor proporción del tiempo dedicada al pastoreo se da a expensas de una menor proporción del tiempo dedicada a la rumia y al descanso.

Soca et al. (1999) encontró en vacas holando sobre un verdeo de avena, una proporción del tiempo dedicado a la rumia de 24 vs 5 % para animales sin ayuno y ayunados respectivamente. Esto concuerda con los valores encontrados para los animales encerrados pero es superior para los de pastoreo libre.

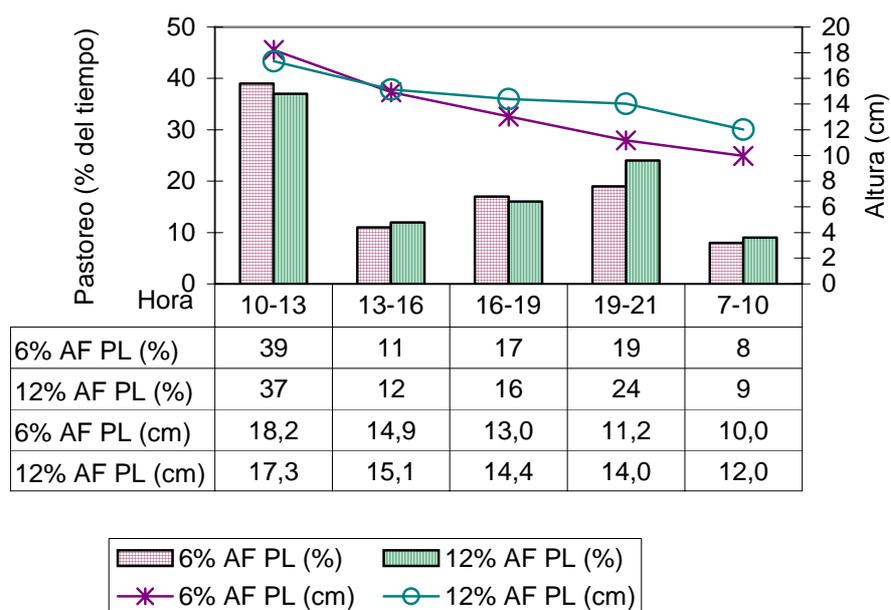
La proporción del tiempo dedicada a la actividad de descanso muestra efecto significativo de la AF ($P= 0.0070$), del manejo del pastoreo ($P= 0.0009$), y de la semana de muestreo ($P=0.0003$), pero no hay efecto significativo de la interacción entre los factores manejo del pastoreo y AF ($P= 0.6926$) (Anexo 12).

Soca et al. (1999) encontró en vacas holando sobre un verdeo de avena, resultados similares sobre la proporción del tiempo dedicado a descanso de 19 vs. 9 % para animales sin ayuno y ayunados respectivamente. Igualmente aquí pudo existir una subestimación debido a que en el momento que los animales estuvieron encerrados no se midió su actividad.

La proporción del tiempo que los animales dedicaron a la actividad de jadeo, no convergió en el análisis estadístico, debido al bajo número de observaciones que se registraron durante el experimento. Sin embargo, las medias aritméticas muestran que entre 20 y 30% del tiempo de horas luz, los animales en PL permanecieron jadeando, en comparación con valores de 2 a 5% registrados en los animales que se manejaron CE, mientras estuvieron en la pastura.

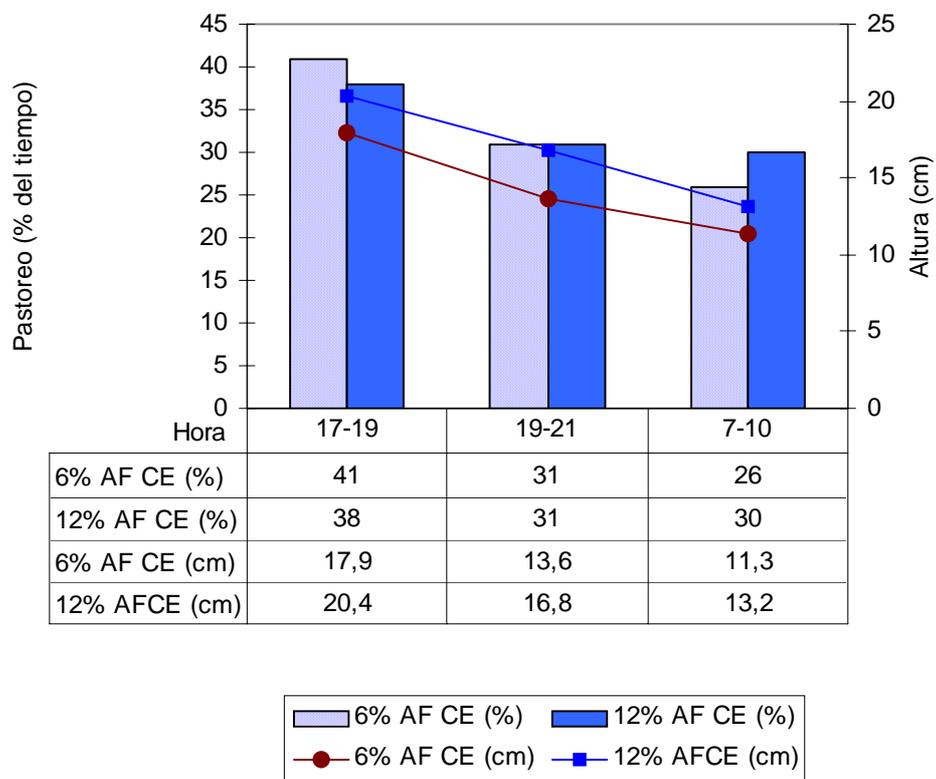
4.4.2 Patrón diurno de pastoreo

El patrón diurno de pastoreo (gráfico 3, 4 y 5) medido como proporción del tiempo total de pastoreo distribuida en períodos de tres horas a partir del ingreso a la franja, no fue afectado por la AF ($P>0.05$), pero si existió efecto de la semana de muestreo y del manejo del pastoreo a lo largo de todo el horario analizado. La interacción entre manejo del pastoreo y AF tuvo efectos significativos entre las 19 y 21 horas (Anexos 13, 14, 15, 16, 17, 29).



Cambio de franja ocurrió a las 10 horas.

Gráfico 3: Porcentaje del tiempo dedicado a la actividad de pastoreo y dinámica de defoliación a diferentes horas del día, para novillos en crecimiento en (PL) manejados a dos asignaciones de forraje (6 y 12% de AF).



El encierro diurno ocurrió entre las 10 y 17 horas.

Gráfico 4: Porcentaje del tiempo dedicado a la actividad de pastoreo y dinámica de defoliación a diferentes horas del día, para novillos en crecimiento con encierro diurno (CE) entre las 10:00 y 17:00 horas manejados a dos asignaciones de forraje (6 y 12% de AF).

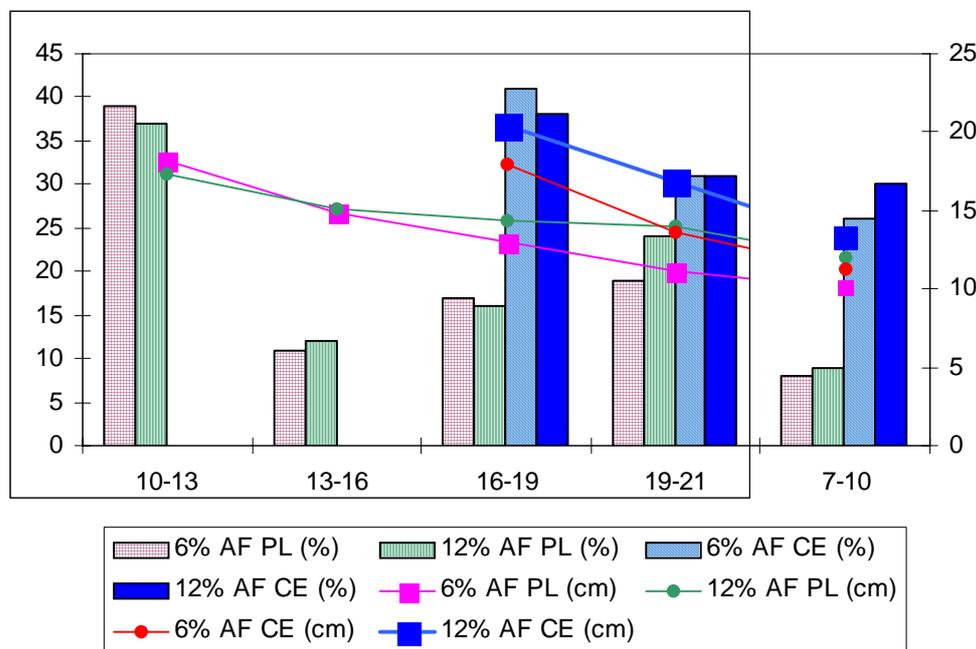


Gráfico 5: Porcentaje del tiempo dedicado a la actividad de pastoreo y dinámica de defoliación a diferentes horas del día, para novillos en crecimiento en pastoreo libre (PL) y con encierro diurno (CE) entre las 10:00 y 17:00 horas manejados a dos asignaciones de forraje (6 y 12% de AF).

Los animales de PL mostraron un patrón de comportamiento en donde se observó dos sesiones importantes de pastoreo, una al momento en que ingresaron a la franja (10-13 horas, 39 y 37% para 6 y 12% de AF respectivamente) y otra al final de la tarde (19-21 horas, 19 y 24% para 6 y 12% de AF respectivamente). Esto es coincidente con lo expresado por Hodgson (1990), que destaca un patrón básico de comportamiento en donde se destacan tres o eventualmente cuatro sesiones de pastoreo, siendo las más importantes en la mañana temprano y al final del día, y por lo expresado por Burboa (1993), Arredondo et al. (2000), Giraudo (2003), quienes reportan la existencia en verano de dos sesiones de pastoreo, una temprana en la mañana y otra en las últimas horas del día, y donde el porcentaje de animales pastoreando va disminuyendo a medida que avanzan las horas más calurosas del día. Igualmente este comportamiento se puede

atribuir en la mañana al estímulo por el ingreso a una nueva franja, y al final de la tarde a una situación mas confortable de los animales para el pastoreo (Valtorta y Gregoret, 2005).

La baja proporción de animales pastoreando sobre todo para los tratamientos de PL entre las 7:00 y 10:00 de la mañana (gráfico 3), podría deberse a dos factores; primero a la disponibilidad y altura del forraje, como se mencionó anteriormente la altura del forraje podría estar generando una limitante física para el acceso por parte del animal y el segundo factor que podría explicar dicho comportamiento es que los animales estén esperando el cambio hacia una nueva franja. Similar información reportan Le Du et al. (1979), Jamieson et al. (1979), Hodgson (1990).

Se vio un efecto del encierro con agua y sombra ($P < 0.05$) en la proporción del pastoreo (gráfico 4) a diferentes horas con relación a los no encerrados. Esto se debió principalmente a la diferencia en la hora de entrada a la franja, es decir que cuando los animales que estuvieron encerrados entre las 10 y 17 horas ingresaron a la pastura lo hacían con hambre en tanto que los otros ya tuvieron acceso a la pastura.

Al analizar la proporción del tiempo dedicado a la actividad de pastoreo en relación con las horas de entrada a la franja (cuadro 16 y 17), vemos que en las primeras 3 horas hubo efecto significativo de la AF ($P = 0.0178$), y de la semana de muestreo ($P = 0.0371$), pero no hubo efecto del manejo del pastoreo ($P = 0.3078$), ni de la interacción entre AF y manejo ($P = 0.1740$) (Anexo 18). Estas diferencias desaparecieron entre las 3 y 6 horas luego de ingresar a una nueva franja ($P > 0.05$) (Anexo 20).

En el cuadro 16 y 17 se presenta la media ajustada por tratamiento.

Cuadro 16: Efecto de la asignación de forraje (AF) y del manejo del pastoreo sobre la proporción del tiempo de horas luz que el animal dedica a las actividades de pastoreo en relación a las primeras 3 horas de entrada a la franja.

	AF (kg MS/100 kg PV)		Promedio
Manejo	6	12	
Pastoreo libre	38	37	38 ^a
Con encierro	41	36	39 ^a
Promedio	39 ^a	37 ^b	

^{a, b} medias seguidas por distintas letras en la fila y columna difieren estadísticamente $P < 0.05$

Cuadro 17: Efecto de la asignación de forraje (AF) y del manejo del pastoreo sobre la proporción del tiempo de horas luz que el animal dedica a las actividades de pastoreo en relación a las 1 segundas 3 horas de entrada a la franja.

	AF (kg MS/100 kg PV)		Promedio
Manejo	6	12	
Pastoreo libre	11	0	6 ^b
Con encierro	31	31	31 ^a
Promedio	20 ^a	16 ^a	

^{a, b} medias seguidas por distintas letras en la fila y columna difieren estadísticamente $P < 0.05$

Independientemente del manejo del pastoreo existió en primera instancia, al ingresar los animales a una nueva franja, un estímulo a los animales provocado por la oferta de nuevo material (Valtorta y Gregoret, 2005), incitando que pastoreen a pesar de que se esperaba que la temperatura a dicha hora haría disminuir el consumo en los tratamientos de pastoreo libre (Ávila Pires et al. 2000, Giraudo 2003).

Se observó una rápida disminución de la actividad de pastoreo en las horas más calurosas (a partir de las 13 horas o segundas 3 horas, cuadro 17 y gráfico 3) para los tratamientos de PL, lo que indicaría que el ambiente ejerció un estrés sobre el animal.

Pero cuando se analiza los animales CE (cuadro 16 y 17), estos mostraron una sesión de pastoreo más larga que los animales de PL. Este hecho se atribuye a que el ayuno (ejercido por el encierro) provoca una extensión de la primer sesión de pastoreo (Dougherty et al., 1989). Es así que varios autores han encontrado que el ayuno previo al pastoreo aumenta la proporción del tiempo dedicada a esta actividad, principalmente a través de un aumento en el largo de la primera sesión de pastoreo (Chilibroste et al. 1997, Greenwood y Demment 1998, Soca et al. 1999).

La dinámica de defoliación mostró una caída importante en las primeras horas de entrada a la franja (a partir de las 10 horas) en los animales de PL (gráfico 3), para luego mantenerse a causa de la menor actividad de pastoreo de los animales. Mientras que los animales CE mostraron una caída más pronunciada en la altura (gráfico 4), en comparación a los de PL al ingresar a la franja (17 horas) a causa de una mayor actividad de pastoreo. Igualmente todos los tratamientos llegaron a una altura del material rechazado similar (lo cual ya fue analizado) (cuadro 12).

Esto es coincidente a lo expresado por Greenwood y Demment (1998), quienes reportan que el ayuno provocado por el encierro lleva a que los animales aumenten la fase de consumo, reportando valores de un 27% mas rápido a lo largo del día, provocando así una caída mas importante en la altura del forraje al ingresar a la franja.

Si bien el efecto del ambiente o del estrés térmico sobre el porcentaje de animales pastoreando a las diferentes horas del día no puede evaluarse directamente por no disponerse de registros horarios de temperatura y humedad, éste puede inferirse observando los cambios en el tiempo de pastoreo en los diferentes días a lo largo del periodo experimental en referencia al ITH (gráfico 6 y 7).

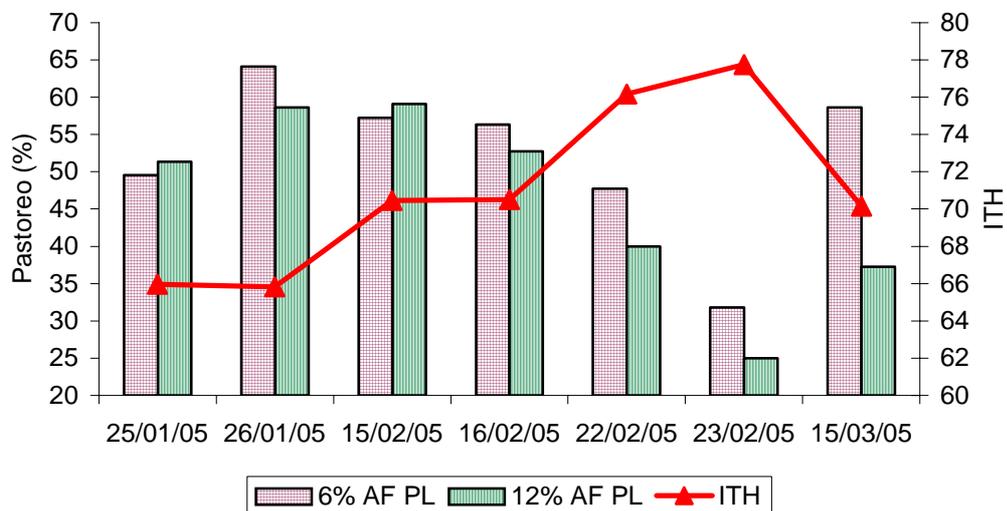


Gráfico 6: Porcentaje del tiempo dedicado a la actividad de pastoreo e índice de temperatura-humedad (ITH), para novillos en crecimiento en pastoreo libre (PL) manejados a dos asignaciones de forraje (6 y 12% AF) a lo largo del periodo experimental.

El tiempo de pastoreo en los tratamientos PL registra una evolución inversa al ITH. Es así que a mayores niveles de ITH el porcentaje de pastoreo disminuye para todos los tratamientos pero fue más fuerte la caída en aquellos sin encierro, a pesar de que en algunos días no existió estrés o fue en nivel de alerta (figura 3).

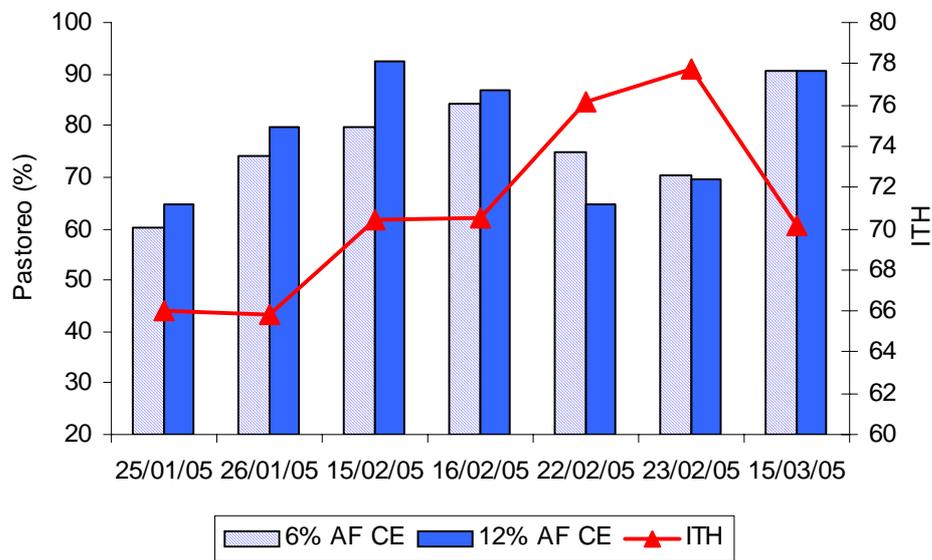


Gráfico 7: Porcentaje del tiempo dedicado a la actividad de pastoreo e índice de temperatura-humedad (ITH), para novillos en crecimiento con encierro (CE) entre las 10:00 y 17:00 horas, manejados a dos asignaciones de forraje (6 y 12% AF) a lo largo del periodo experimental.

Al analizar el tiempo de jadeo como porcentaje de de tiempo total de observación horas luz (gráfico 8), se observa una respuesta positiva frente al aumento del ITH. Cuando este índice superó el valor de 70 los animales reaccionaron comenzando a jadear, siendo más notorio en aquellos de pastoreo libre. A niveles superiores de estrés los animales con encierro también comenzaron a jadear y siempre existió la tendencia de que los animales que estuvieron a mayor AF pasaron mas tiempo jadeando en comparación a los de menor AF. Esta respuesta puede atribuirse posiblemente al hecho de que los animales a mayor AF caminan mas en búsqueda de un ambiente termoneutral (Avila Pires et al., 2000).

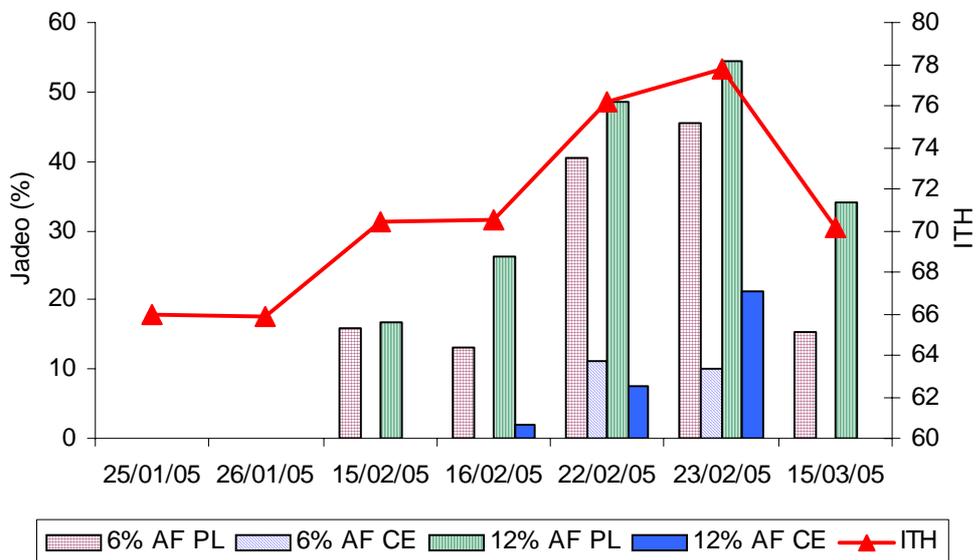


Gráfico 8: Porcentaje del tiempo dedicado a la actividad de jadeo e índice de temperatura-humedad (ITH), para novillos en crecimiento en pastoreo libre (PL) y con encierro (CE) entre las 10:00 y 17:00 horas, manejados a dos asignaciones de forraje (6 y 12% de AF) a lo largo del periodo experimental.

Estos resultados resaltan el hecho de que el animal responde al estrés aumentando la tasa respiratoria (Wagner, citado por Becoña y Casella, 1999), y este es uno de los pocos mecanismos para identificar a simple vista que el estrés está presente.

La tasa de bocado (TB) promedio (cuadro 18) no fue afectada por la AF ($P=0.6297$), ni por la interacción entre AF y manejo ($P=0.2094$), pero sí hubo efecto del manejo del pastoreo ($P<0.0001$), y de la semana de muestreo ($P=0.0046$) (Anexo 21).

Los mayores valores de TB en los animales encerrados estarían explicados por el ayuno que provoca una sensación de hambre haciendo que aumente la velocidad de

ingestión. Esto es reportado por Dougherty et al. (1989), Iason et al. (1999), Carrau et al. (2003).

La tasa de bocado al momento de ingresar a la nueva parcela y luego de tres horas fueron afectadas por AF, el manejo del pastoreo y la semana de muestreo pero no por la interacción de los dos primeros (Anexos 22, 23). A las seis horas luego del ingreso no hubo diferencias significativas entre AF ($P= 0.6290$), manejos del pastoreo ($P= 0.7502$), ni asociadas a la interacción entre ambos factores ($P= 0.3895$), pero si hubo efecto de la semana de muestreo ($P= 0.0195$) (Anexo 24). Las medias ajustadas por tratamiento se presentan en el cuadro 18.

Cuadro 18: Efecto de la asignación de forraje (AF) y del manejo del pastoreo sobre la tasa de bocado (TB) promedio, al ingreso, 3 y 6 horas post ingreso a la parcela.

Manejo		Pastoreo libre		Con encierro	
AF (kg MS/100 kg PV)		6	12	6	12
TB promedio	(boc/min)	14 ^b	13 ^b	25 ^a	27 ^a
TB 0 horas	(boc/min)	17 ^b	9 ^c	43 ^a	41 ^a
TB 3 horas	(boc/min)	6 ^b	3 ^b	27 ^a	22 ^a
TB 6 horas	(boc/min)	12 ^a	16 ^a	16 ^a	15 ^a

^{a, b}, medias seguidas por distintas letras en la fila difieren estadísticamente $P<0.05$

Análisis de TB incluye valores de 0 en caso de que los animales no estuvieran pastoreando en el momento en que debía realizarse el registro (ajustado sin 0 Anexo32).

Esto también es señalado por Dougherty et al. (1989), Patterson et al. (1998), Iason et al. (1999), Soca et al. (1999), quienes afirman que los animales cuando ven restringido su tiempo de acceso a la pastura o son ayunados tienden a presentar una mayor velocidad de ingestión (cuadro 6).

Soca et al. (1999) reportan vacas Holando sobre una Avena en el período otoño-invierno tasas de bocado de 50-40-40 bocados/minuto para inicio, medio y fin de la sesión de pastoreo, estas TB son muy superiores a las encontradas, esto puede deberse a

que en la evaluación de TB se tomaron en cuenta los momentos en que el animal no estaba pastoreando tendiendo a disminuir la TB promedio.

Si bien las TB tienden a ser más constantes pero de menor valor a lo largo de la sesión de pastoreo para los animales no encerrados, se ve una clara disminución a las tres horas de ingreso a la parcela, y esto puede deberse al efecto del ambiente que provocó estrés térmico al animal.

La sensación de hambre, que provocó las altas TB en los animales encerrados va perdiendo efecto, y a las seis horas de ingreso a la parcela este efecto ya ha desaparecido, lo que hace que se igualen las TB entre los tratamientos.

La TB mayor en los animales encerrados con respecto a los de pastoreo libre, significó un mecanismo de compensación para aumentar el consumo frente a la restricción en el tiempo de acceso a la pastura, esto concuerda con lo expresado por Dougherty et al. (1989), Patterson et al. (1998), Greenwood y Demment (1998), Iason et al. (1999) en referencia a que animales restringidos en el tiempo de acceso a la pastura aumentan su tasa de consumo a través de un aumento en la TB sin variar el peso de los bocados. Sin embargo Patterson et al. (1998), señalan diferentes estrategias según el largo del ayuno, es así que con ayunos superiores a las 6 horas se produce un incremento en la tasa de consumo y en el tamaño de bocado, mientras que con ayunos menores ocurre un aumento en la TB manteniendo relativamente constante el tamaño de los mismos. Estas mayores TB llevan a una menor selectividad por parte de los animales causada por la sensación de hambre (Dougherty et al., 1989).

Como en este caso el ayuno supera las seis horas la tasa de consumo se habría visto aumentada por un mayor peso y TB como forma de compensar el menor tiempo de acceso a la pastura, ya que el tiempo de pastoreo si bien aumento en proporción no lo hizo en valores absolutos (412 y 340 minutos para animales en pastoreo libre y con

encierro respectivamente), por lo que no sería un factor importante de compensación. Igualmente la determinación de peso de bocado no muestra que sea mayor para los animales encerrados frente a los de pastoreo libre (1.080 g/bocado y 1.832 g/bocado respectivamente); pero si consideramos esta determinación considerando las tasas de bocado sin la consideración del 0 cuando no se encontraban pastoreando, ahí si los pesos de bocado son mayores para los animales encerrados contra los de pastoreo libre (0.782 g/bocado y 0.778 g/bocado respectivamente).

A su vez, la mayor tasa de bocado encontradas no determinaron diferencias en selectividad por parte de los animales (cuadros 11, 12, Anexos 4, 7).

4.5 PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA

En el gráfico 9 se presenta la evolución de PV a lo largo de todo el periodo corregido por PV inicial (297 kg).

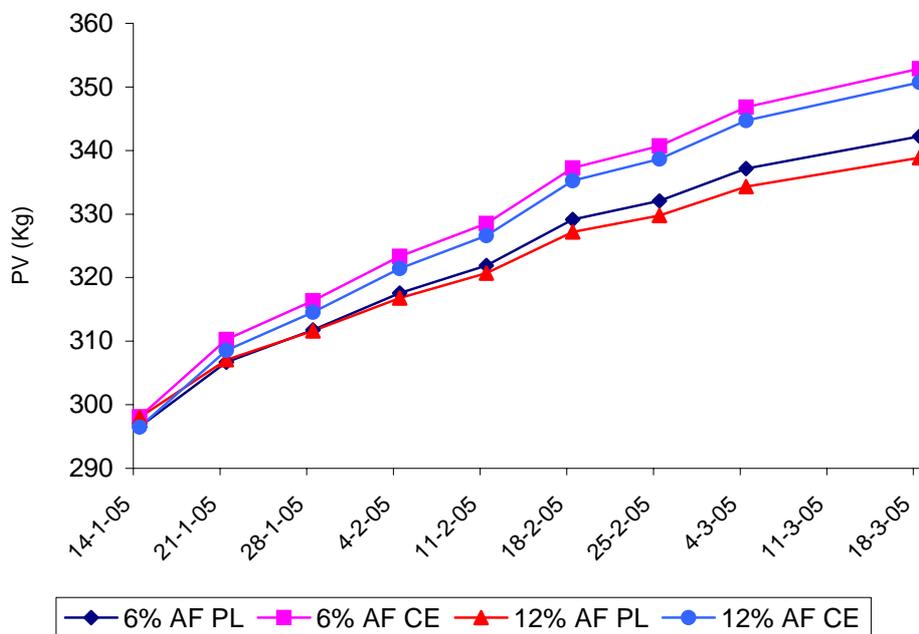


Gráfico 9: Evolución del peso vivo de los animales para los diferentes tratamientos a lo largo del período experimental.

En el cuadro 19 se presentan las ganancias diarias para cada tratamiento, observándose un efecto positivo del encierro con sombra y agua (0,179 kg/animal/día; $P= 0.0031$), pero no de la asignación de forraje (0.0421 kg/animal/día; $P= 0.4820$). Estos datos indicarían que en verano y en este tipo de pasturas, asignaciones mayores al 6% PV no se traducen en mejores ganancias. Si bien la interacción AF por restricción del pastoreo fue no significativa ($P<.0001$) se observó también que al 12% AF la diferencia entre encierro y no encierro fue mayor (0.2122 kg/animal/día, con un $P= 0.0128$) en comparación con 6% AF (0.1449 kg/animal/día, con un $P= 0.0882$) (Anexo 26).

Cuadro 19: Efecto de la asignación de forraje (AF) y del manejo del pastoreo sobre las ganancias diarias (kg/animal/día) de los animales.

Manejo	AF (kg MS/100 kg PV)		Promedio
	6	12	
Pastoreo libre	0,72 ^b	0,65 ^b	0,69 ^b
Con encierro	0,87 ^a	0,86 ^a	0,86 ^a
Promedio	0,79 ^a	0,75 ^a	

^{a, b} medias seguidas por distintas letras en la fila y columna difieren estadísticamente $P < 0.05$

Baldi et al. (2001), encontró en un experimento sobre el efecto de la suplementación energética y distintos niveles de AF sobre la performance de novillos Hereford pastoreando praderas permanentes en verano, ganancias diarias de peso inferiores a estas, de 0.083^a, 0.370^b, 0.482^c kg/animal/día para 3, 6, 9% PV de AF y con efecto de la AF a valores mayores del 6%. A su vez, resalta el hecho que la suplementación energética a 6% de AF llevó a incrementos en la ganancia diaria animal de 0.283 kg/animal/día, siendo muy similar al efecto del encierro (0.170 kg/animal/día).

Beretta et al. (2005) en un experimento con animales manejados al 6% de asignación de forraje con pastoreo libre y restringido (encierro con agua y sombra entre las 10:00 y 16:00 horas, sin suplemento y suplementados con granos y afrechillo de arroz integral) obtuvieron ganancias diarias de 0.746 kg/animal/día para pastoreo libre y 1.005 kg/animal/día para pastoreo restringido, siendo diferentes estadísticamente ($P=0.0160$), siendo estos valores más cercanos a los encontrados en este experimento.

Varios autores (McIlvain y Shoop 1970, Azanza y Machado 1997, Ivernizzi y Marziotte 1998, Caro y Olivares 1998, Becoña y Casella 1999, McDaniel y Roerk, citados por Sharrow 2000, Galyean et al. 2001, Rovira 2002), muestran resultados coincidentes con los encontrados, donde todos resaltan la mejora en performance

provocada por el uso de sombra (ya sea natural o artificial) con respecto a aquellos que no la utilizaban, en el orden de 0.150-0.200 kg/animal/día (cuadro 5).

En contraste a lo expresado por Waldo (1986) referente a que la cantidad de alimento que un animal puede consumir es el factor más importante en la determinación de la performance animal, las diferencias encontradas en las ganancias diarias entre los tratamientos en pastoreo libre vs. aquellos con encierro diurno no se explicarían por el consumo de forraje, ya que no hubo diferencias significativas entre ellos (Anexo 9). Es así que, animales con encierro tuvieron una mejor performance en comparación a los de pastoreo libre independientemente de la AF a la que pastorearon. Es probable que debido a la reducción del estrés térmico los animales encerrados tuvieron una menor proporción de la energía dedicada para mantenimiento en comparación a los que se encontraban a pastoreo libre, aumentando la energía disponible para ganancia de peso (cuadro 19). Esto mismo es señalado por NRC (1996) en referencia a que la disminución o ausencia del estrés térmico motivado por el encierro, causa una disminución de la proporción de energía destinada al mantenimiento, y por lo tanto esa energía “extra” se destinaría para ganancia de peso. Similares conclusiones citan Cabrera y Viscailluz (2001).

Mientras que los animales de pastoreo libre reaccionaron frente al estrés jadeando lo que aumenta los requerimientos energéticos de mantenimiento (NRC, 1996) provocando así una disminución en la performance.

Lo mismo ocurrió con la ausencia de diferencias entre las diferentes AF, donde el consumo fue mayor a 12% con respecto a los de 6% de AF (Anexo 9), pero esto no determinó una mayor performance de los animales que estuvieron a mayor AF. Esto se debe principalmente a que en verano el efecto de la AF sobre el consumo es menor con respecto a otras estaciones del año, debido principalmente al importante descenso en las características nutritivas (Wales et al. 1998, Dalley et al. 1999). Y esto lleva a que no

exista una fuerte repuesta en la performance animal al aumentar la AF en verano (gráfico 1).

En el cuadro 20 se presenta las ecuaciones de regresión para peso vivo en los diferentes tratamientos.

Cuadro 20: Ecuación de regresión para peso vivo.

Manejo	AF (kg MS/100 kg PV)	
	6	12
Pastoreo libre	$y= 296,55+0,7246x$	$y= 298,00+0,6487x$
Con encierro	$y= 298,11+0,8694x$	$y= 296,48+0,8610x$

4.6 REQUERIMIENTOS

El jadeo es la forma de sobrellevar el estrés por calor el cual a su vez genera un gasto adicional de energía (Giraudó 2003, Rosso 2004). Y de las tendencias observadas en los distintos tratamientos (cuadro 15, gráfico 8) se puede inferir que los animales que no fueron encerrados durante las horas de mayor temperatura y que tuvieron una mayor proporción del tiempo jadeando, aumentaron en proporción sus requerimientos energéticos de mantenimiento con respecto a sus requerimientos energéticos totales, a causa de mantener la homeotermia respecto a los que si fueron encerrados (O'Kelly 1988, Armstrong 1994, West 1999, García, citado por Aguilar et al. 2000).

En el cuadro 21 se presentan los requerimientos de energía metabólica de mantenimiento (sin ningún ajuste que considerara el costo energético por termorregulación) y ganancia de peso (EMm y Emg respectivamente), y proteína metabolizable para mantenimiento y ganancia de peso (PMm y PMg respectivamente).

Cuadro 21: Efecto de la asignación de forraje (AF) y del manejo del pastoreo sobre los requerimientos de energía (Mcal/día) y proteína (g/día) metabólica para mantenimiento y ganancia de peso.

Manejo	Pastoreo libre		Con encierro	
AF (kg MS/100 kg PV)	6	12	6	12
Emm	11	11	11	11
Emg	5	5	7	7
PMm	174	173	176	175
PMg	165	150	195	193

EMm: energía metabólica de mantenimiento (Mcal/día); Emg: energía metabólica de ganancia de peso (Mcal/Día); PMm: proteína metabolizable de mantenimiento; PMg: proteína metabolizable de ganancia.

Si suponemos que las dos Mcal/día de diferencia entre los animales con encierro y los de pastoreo libre (debido a la diferencia en ganancia de peso diaria) son adjudicados al efecto de el estrés calórico (ya que este efecto no fue considerado en el cálculo), lo que haría aumentar los requerimientos de EMm, se podría concluir que en proporción los requerimientos de energía metabólica de mantenimiento aumentaron en once unidades porcentuales (Anexo 30). Igualmente aquí también estaría considerado un mayor costo de cosecha asociado a un mayor tiempo de pastoreo en los animales de pastoreo libre.

Estos resultados son coincidentes con los expresados por el NRC (1996) quienes señalan que cuando el animal entra en un jadeo leve, los requerimientos de energía neta de mantenimiento se ven incrementados un 7%, mientras que si el jadeo se produce con boca abierta los requerimientos se incrementan un 18%. Young (1988) señala también aumentos del 7% en las necesidades de mantenimiento en una primera fase de jadeo, y de 11 a 25% en una segunda fase a boca abierta.

4.7 PRODUCCIÓN DE CARNE

En el cuadro 22 se presenta la producción de carne por hectárea lograda en cada tratamiento para el período experimental (Anexo 31).

Cuadro 22: Efecto de la asignación de forraje (AF) y del manejo del pastoreo sobre la producción de carne por hectárea (kg de carne/ha).

	AF (kg MS/100 kg PV)		
Manejo	6	12	Promedio
Pastoreo libre	99	43	71
Con encierro	117	48	87
Promedio	108	50	

Es clara la mayor producción lograda por el nivel de asignación de 6% manejados con encierro frente a los demás, explicado por una mayor carga frente a los de 12% de AF y mejor ganancia frente a los de pastoreo libre. Si bien los animales encerrados al 12% de AF tienen alta performance, está no se traduce en una mejor producción de carne debido a la baja carga con que son manejados.

4.8 DISCUSIÓN GENERAL E IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

El uso de encierro con sombra y agua entre las 10:00 y 17:00 horas generó una mejora en la performance animal de 0.179 kg/animal/día (0.865 vs. 0.687 kg/animal/día), representando esto un 26% más a favor de los animales encerrados, traduciéndose esto en una mejora en la producción de carne en el orden de un 24%.

Esta mejor performance de los animales encerrados se explica por dos formas, por un lado el menor tiempo de acceso a la pastura no causó una disminución en el consumo, ya que el animal compensó un menor tiempo de pastoreo (17% menor en valores absolutos) con una mayor tasa de bocado (85% superior). Y por otro lado, el encierro habiendo generado una disminución en los requerimientos energéticos de mantenimiento de 11%, asociado esto a dos factores, uno el estrés calórico representado por el jadeo de los animales (el cuál se expresaba con valores de ITH superiores a 70) que fue un 87% superior en los animales que pastoreaban libremente frente a los que se encontraban encerrados, y otro por el costo de cosecha asociado a un mayor tiempo de pastoreo en los animales de pastoreo libre.

En resumen, el encierro de los animales con sombra y agua en las horas más calurosas del día mejora la performance animal considerablemente, a su vez, la utilización de asignaciones de forraje del 6% permiten lograr producciones de carne superiores en comparación a las encontradas para AF mayores. Por lo que se podría recomendar en verano el manejo de los animales al 6% de AF con encierres diurnos en las horas más calurosas del día, siendo esta una medida de manejo de baja inversión y fácil implementación, y de acuerdo a los resultados encontrados, a nuestra opinión su aplicación sería muy favorable.

Igualmente, habría que evaluar el impacto que tendría la suplementación en el momento en que los animales se encuentran encerrados. Ya que sería de esperar que en el momento en que se encuentran encerrados los animales, donde estarían en condiciones de confort y sin alimento, el incorporar la suplementación tendrá un importante efecto en la performance animal.

A su vez, es importante destacar que de acuerdo a los antecedentes, el efecto de la sombra es similar o superior al logrado por la suplementación en el período estival, y

con los precios actuales de los suplementos, la alternativa del encierro con sombra y agua en las horas de mayor temperatura en verano es de muy buena rentabilidad.

5. CONCLUSIONES

La restricción del tiempo de pastoreo (entre las 10:00 y las 17:00 horas) a novillos en crecimiento pastoreando sobre pasturas sembradas durante la época estival mejora significativamente la performance animal con respecto al pastoreo libre, independientemente de la asignación de forraje a la cual pastoreen.

Novillos restringidos durante el día en el tiempo de acceso a la pastura no ven afectado su consumo respecto a los que permanecen en pastoreo libre. Los animales restringidos compensan el menor tiempo de acceso dedicando una mayor proporción del mismo al pastoreo, con una mayor tasa de bocado. Paralelamente, el acceso a sombra y agua durante las horas de mayor temperatura, reduciría la proporción de la energía destinada a mantenimiento, aumentando la energía metabólica disponible para ganancia de peso.

El aumento en la AF, de 6 para 12% incrementa el consumo de materia seca, sin embargo, esto no se refleja en una mejora de la performance animal.

6. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de variables asociadas al manejo del pastoreo, sombra y agua durante el período estival, sobre el desempeño de novillos Hereford pastoreando praderas. El experimento fue realizado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, en Paysandú, Uruguay, en el período comprendido entre el 14/1/05 y el 18/3/05. Treinta y dos novillos Hereford, de aproximadamente 18 meses de edad con un peso vivo (PV) promedio de 298 ± 38 kg, fueron asignados al azar en cuatro tratamientos de acuerdo al siguiente arreglo factorial: pastoreo en dos AF (6 o 12 kg de MS de forraje/100 kg PV), con o sin acceso a encierro con sombra y agua durante las 10:00 y 17:00 horas. Los animales pastorearon una pastura mezcla compuesta por *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus*, y *Trifolium repens*, de forma rotativa, en franjas diarias. El encierro diurno con sombra y agua afectó las ganancias medias obtenidas ($P= 0.0031$), no habiendo efecto con la AF ni la interacción entre ambos factores. Las medias ajustadas por tratamiento fueron: 0.72 y 0.65 kg/animal/día para 6 y 12% de AF sin encierro respectivamente y de 0.87 y 0.86 kg/animal/día para 6 y 12% de AF con encierro respectivamente. La restricción provocada por el encierro no tuvo efecto sobre el consumo de materia seca, explicado por una mayor proporción del tiempo dedicado al pastoreo y a una mayor tasa de bocado.

Palabras clave: Novillos; Verano; Asignación de forraje; Sombra; Encierro diurno

7. SUMMARY

The aim of this work was to evaluate the impact of variables associated with the managing of the shepherding, shade and water during the summer period, on the performance of Hereford steers grazing meadows. The experiment was realized on the Mario A Cession Experimental Station, in Paysandú, Uruguay, the period of the experiment was from 14/1/05 to 18/3/05. Thirty two Hereford steers, of approximately 18 months of age with an average live weight (PV) of 298 ± 38 kg, they were randomly assigned at four treatments of agreement to the following factorial arrangement: grazing in two AF (6 or 12 kg of MS of forage/100 kg PV), with or without access to confinement with shade and water during 10:00 and 17:00 hours. The animals were grazing a mixed pasture composed by *Fistula arundinaceous*, *Lotus corniculatus*, and *Trifolium repens*, of rotary form, in daily striping. The diurnal confinement with shade and water affected the average live weight increasing ($P = 0.0031$), neither effect on with the AF nor the interaction between both factors. The means fitted by treatment were: 0.72 and 0.65 kg / animal / day for 6 and 12 % of AF without enclose respectively and of 0.87 and 0.86 kg / animal / day for 6 and 12 % of AF with enclose respectively. The restriction provoked by the confinement did not have effect on the consumption of dry matter, explained by a major proportion of the time dedicated to the shepherding and to a major rate of morsel.

Keyword: Steers; Summer; Forage allowance; Shade; Diurnal confinement.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Cambridge, CABI. 159 p.
2. AGUILAR, C.; ALLENDE, R.; OCAMPOS, D.; GARCÍA, F. 2000. Producción de leche a pastoreo en el subtrópico con Ganado cruza Holando-Cebú; desarrollo y validación de un modulo de simulación. (en línea). Archivo de Zootecnia. 49: 457-468. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/01_23_20_03aguilar.pdf
3. ALDAMA, A.; SALLE, M.; VIDART, D. 2003. Asignación de forraje y restricción del tiempo de pastoreo en primavera sobre vacas lecheras en praderas permanentes. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 113 p.
4. ALLDEN, W. G.; WHITAKER, I. A. 1970. The determinates of herbage intake by grazing sheep; interrelationship of factors influencing herbage intake availability. Australian Journal of Agricultural Science. 21: 755-766.
5. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). 1990. Official methods of analysis. 15th. ed. Washington, D.C. 600 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. ARMSTRONG, D. V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. Journal Dairy Science. 77: 2044-2050.
8. ARREDONDO, S.; JAHN, E.; BONILLA, W.; Del POZO, A. 2000. Efecto de la temperatura y la suplementación energética sobre la producción de leche en vacas lecheras a pastoreo. Agricultura Técnica (Chile). 62 (2): 245-254.
9. AVENDAÑO, L.; CORREA CALDERON, A.; GONZALEZ, V. M.; PEREZ, A.; PONCE, F.; TARAZON, M.; VERDUGO, F.; YAÑEZ, V. 2004. Efecto de un sistema de enfriamiento a espacio abierto en la eficiencia

productiva de novillos Holstein durante el verano. (en línea).
Interciencia. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en
http://www.findarticles.com/p/articles/mi_hb4364/is_200402/ai_n15250587

10. AVILA PIRES, M. F.; TORRES de CAMPOS, A.; PATO NOVAES, L. 2000. Razas lecheras; ambiente y comportamiento animal en los trópicos. (en línea). s.n.t. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en
<http://www.secnetpro.com/fepale/foro3/Modulo%203.pdf>
11. AYANTUNDE, A. A.; FERNANDEZ-RIVERA, S.; HIERNAUX, P. H. Y.; VAN KEULEN, H.; UDQ, H. M. J.; CHANONO, M. 2001. Effect of timing and duration of grazing of growing cattle in the best african. *Journal of Animal Science*. 72: 117-128.
12. AZANZA, J.; MACHADO, E. 1997. Efecto de la disponibilidad de sombra en verano, en vacas lecheras con distintos niveles de producción. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 98 p.
13. BALCH, C. C.; CAMPLING, R. C. 1962. Regulation of voluntary food intake in ruminants. *Nutrition Abstract and Reviews*. 32: 669-686.
14. BALDI, F.; FERNANDEZ, J.; GÓMEZ, F. 2001. Efecto de la suplementación energética y distintos niveles de asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando praderas permanentes durante el verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 55 p.
15. BARRET, P.D.; LAIDLAW, A. S.; MAYNE, C. S.; CHRISTIE, H. 2001. Pattern of herbage intake rate and bite dimensions of rotationally grazed dairy cows as sward height declines. *Grass and Forage Science*. 56: 362-373.
16. BARTABURU, S.; COOPER, P.; LANFRANCONI, M.; OLIVERA, L. 2003. Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido y de la asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando pasturas de calidad en el período otoño-invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 78 p.
17. BAVERA, G. A.; BEGHET, H. A. 2003. Termorregulación corporal y ambientación. (en línea). Rio Cuarto, Argentina, s.e. Consultado 23 ene. 2007. Disponible en

http://www.produccionbovina.com/clima_y_ambientacion/04-termorregulacion_corporal_y_ambientacion.htm

18. BEEDE, D. K.; COLLIER, R. J.. 1986. Potential nutritional strategies for intensively managed cattle during thermal stress. *Journal of Animal Science*. 62: 543-554.
19. BECOÑA, G.; CASELLA, M. P. 1999. Efecto de la sombra sobre el comportamiento animal de terneros Holando y Hereford en el período estival. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 97 p.
20. BENTANCOURT, K.; IBRAHIM, M.; VILLANUEVA, C.; VARGAS, B. 2005. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Maniguas, Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 10 (39-40): 47-51.
21. 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. 103 p.
22. BERETTA, V.; BRUNI, M. 1998. Manejo de agua de bebida en sistemas lecheros y ganaderos. Plan Agropecuario. Cartilla UEDY no. 12. 8 p.
23. BERETTA, V.; SIMEONE, A.; ELIZALDE, J. C.; BALDI, F., 2005. Pastoreo restringido y suplementación; dos alternativas para el manejo estival de novillos. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 13(4): 161-190.
24. BERNABUCCI, U; BANI, P.; LACETERA, N.; NARDONE, A.; RONCHI, B. 1999. Influence of short and long term exposure to a hot environment on rumen passage rate and diet digestibility by Friesian heifers. *Journal of Dairy Science*. 82: 967-973.
25. BERRA, G.; CARRILLO, J.; MATE, A. 1995. Prevención al estrés calórico en terneras. *SuperCampo*. 2 (15): 24-28.
26. BIANCHI, J. L. 1980. Relación de distintos parámetros de la pastura con el consumo y ganancia en peso de novillos en pastoreo. Tesis Ing. Agr.

Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.

27. BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, A. W. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour; a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 34(2): 285 – 295.
28. BLAXTER, K. 1977. *Nutrition and the climatic environment*. Boston, Butterworths. 200 p.
29. BOOM, C. J.; SHEAT, G. W. 1998. Grain supplementation of finishing beef cattle. *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production*. 58: 239-242.
30. BUCHANAN-SMITH, J. G.; CAMPBELL, C. P.; MARSHALL, S. A. 1998. Herbage biomass and intake of beef cows with calves grazing a grass-legume pasture in southern Ontario. *Canadian Journal of Animal Science*. 78(2): 211-218.
31. BURBOA, R.; R.; IBARRA, G.; LIZARRAGA, G.; ZAPATA, M. 1993. Comportamiento animal y producción de leche de vacas Holstein en pastoreo de ryegrass y bermuda cruzada II. (en línea). s.n.t. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en <http://www.patrocipes.org.mx/patrocipes/invpec/forrajes/F96003.html>
32. BURNS, J. C.; POLD, K. R.; FISHER, D. S.; LUGINBUHL, J. M. 1997. Changes in forages quality, ingestive mastication, and digest kinetics resulting from switch grass maturity. *Journal of Animal Science*. 72 (5): 1368-1379.
33. CABRERA, M.; VISCAILLUZ, E. 2001. Efecto del nivel de suplementación sobre parámetros productivos y conducta de vacunos bajo pastoreo de campo natural diferido. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 63 p.
34. CAFARO, M.; CAPURRO, R. 2002. Suplementación energética con fuentes de diferente degradabilidad ruminal a novillos Hereford alimentados en base a pasturas de alta calidad en el período otoño-invernal; cinética de la degradación y parámetros ruminales. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 102 p.
35. CANGIANO, C. A.; GOMEZ, P. O. 1984. Estimación del consumo de forraje mediante componentes del comportamiento ingestivo de novillos en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*.

5 (9-10): 573-579.

36. _____.; GALLI, J. R.; DICHIO, L.; ROZYPALEK, S. H.; PECE, M. A. 1997a. Dimensiones del bocado de vacas lecheras pastoreando verdes de verano I. Revista Argentina de Producción Animal. 17 (1): 92-93.
37. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 1997b. Dimensiones del bocado de vacas lecheras pastoreando verdes de verano II. Revista Argentina de Producción Animal. 17 (1): 94-95.
38. CAORSI, C.; MUSSIO, G.; NIN, J. 2001. Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido sobre la evolución de peso vivo de terneras y vaquillonas Hereford pastoreando avena. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 65 p.
39. CARAMBULA, M. 1997. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 114-117.
40. CARRAU, I.; FERNANDEZ R.; SCREMINI, R. 2003. Efecto del control del tiempo de pastoreo y nivel de suplementación sobre la performance y conducta de vacunos en pastoreo de campo natural diferido. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 70 p.
41. CARRIQUIRY, J.; GARCIA PINTOS, R.; PARDIÑAS, P. 2002. Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido y de la asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando pasturas de calidad en el período otoño-invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 87 p.
42. CARO, W.; OLIVARES, A. 1998. Efecto de la presencia de sombra en el consumo de agua y ganancia de peso de ovinos en pastoreo. (en línea). Valdivia, Chile. AgroSur Consultado 17 jun. 2005. Disponible en http://www.mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88021998000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
43. CEPEDA, M.; SCAIEWICS, A.; VILLAGRAN, J. 2005. Manejo de la frecuencia de suplementación en la recría de terneros sobre pasturas mejoradas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 76 p.
44. CSIRO. 1994. Feeding standars for australian livestock ruminants. Victoria. 266 p.

45. CURTIS, S. 1981. Environment management in animal agriculture. Illinois, Iowa, Animal Environment Services. 430 p.
46. CHACON, E.; STOBBS, T. H. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behavior of cattle. *Australian Journal of Agriculture Research*. 27 (5): 709-727.
47. CHILIBROSTE, P.; TAMMINGA, S.; BOER, H. 1997. Effect of length of grazing session, rumen fill and starvation time before grazing on dry matter intake, ingestive behavior and dry matter rumen pool sizes of grazing lactating dairy cows. *Grass and Forages Science*. 52: 249-257.
48. _____. 1999. Grazing time; the missing link. A study of the plant-animal interface by integration of experimental and modeling approaches. PhD thesis. Wageningen, The Netherlands. Agricultural University of Wageningen. pp. 144-191.
49. _____. 2002. Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el periodo otoño-invernal. (en línea). Paysandú, Facultad de Agronomía. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en <http://www.alpa.org.ve/ojs/include/getdoc.php?id=266&article=226&mode=pdf>
50. _____.; MATTIAUDA, D.; SOCA, P. 2005. ¿Genera el ayuno, señales que modifiquen el comportamiento ingestivo y la performance productiva en vacunos?. In: *Jornadas Uruguayas de Buiatría (33as., 2005, Paysandú)*. Memorias. Paysandú, Centro de Medicina Veterinaria de Paysandú. pp. 111-120.
51. DALLEY, D. E.; ROCHE, J. R.; GRAINGER, C.; MOATE, P. J. 1999. Dry matter intake, nutrient selection and milk production of dairy cows grazing rainfed perennial pasture at different herbage allowance in spring. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 39: 923-931.
52. DAMONTE, I.; IRAZABAL, G.; REINANTE, R.; SHAW, M. 2004. Efecto de la asignación de forraje y de la suplementación con grano de maíz entero o molido sobre la performance de novillos Hereford pastoreando verdes durante el otoño. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 132 p.
53. DE LEÓN, M. 2004. Manejo de pasturas subtropicales. *Producción Bovina de Carne*. (en línea). Proyecto Regional de Ganadería. no. 6:1-10.

Consultado 17 jun. 2005. Disponible en http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_megatermicas/17-ampliando_frontera_ganadera.htm

54. DOUGHERTY, C.; BRADLEY, N.; CORNELIUS, P. AND LAURIAULT, L. 1989. Short-term fasts and the ingestive behavior of grazing cattle. Grass and Forage Science. 44: 295-302.

55. ECHEVARRIA, A. I.; MIAZZO, R. 2002. El ambiente en la producción animal. (en línea). s.n.t. Consultado 20 nov. 2006. Disponible en http://www.produccionbovina.com/clima_y_ambientacion/01-el_ambiente_en_la_produccion_animal.htm

56. ELIZONDO, L.; GIL, A.; RUBIO, L. 2003. Suplementación energética con fuentes de diferente degradabilidad ruminal a novillos Hereford pastoreando en dos asignaciones de forraje sobre una mezcla de Avena y Raigrás en estado vegetativo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 88 p.

57. ELLIS, W. C.; SPRINKLE, J. E.; HOLLOWAY, J. W.; WARRINGTON, B. G.; STUTH J. W.; FORBES, T. D. A.; GREENE L. W. 2000. Digesta kinetics, energy intake, grazing behavior, and body temperature of grazing beef cattle differing in adaptation to heat. (en línea). Journal of Animal Science (78) 6: 1608-1624. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=retrieve&db=pubmed&list_uids=10875645&dopt=Abstract

58. FLAMENBAUM, L. 1997. Estrategias para combatir el estrés calórico. SuperCampo. 39: 14-20.

59. FORBES, T. D. A. 1987. Researching the plant – animal interface; the investigate of ingestive behavior in grassing animals. Journal of Animal Science. 66 (9): 2269-2379.

60. FUQUAY, J. W. 1981. Heat stress as it affects animal production. Journal of Animal Science. 52: 164-174.

61. GALLARDO, M.; VALTORTA, S. 2003. Estrategias para mejorar la producción de leche en verano. (en línea). Rafaela, INTA. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en <http://rafaela.inta.gov.ar/revistas/pxx11200.htm>

62. GALYEAN, M. L.; McGLONE, J. J.; MITLOHNER, F. M.; NUNNERY G. A.; PATTERSON, J. B.; SALYER, G. B. 2001. Effects of shade on heat-stressed heifers housed under feedlot conditions. (en línea). s.l., Burnett Center Internet. Consultado 17 jun. 2005.
Disponible en
http://www.depts.ttu.edu/liru_afs/pdf/bc11.pdf
63. GARCÍA, J. A. 1995. Estructura del tapiz de praderas. Montevideo, INIA. 10 p. (Serie Técnica no. 66).
64. _____. 1996. Producción de forraje de pasturas cultivadas en la región litoral sur. *In*: Risso, D.F.; Berretta, E.J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 163-168 (Serie Técnica no. 80).
65. GARIN, D.; MACHADO, A.; RINALDI, C. 1993. Performance de novillos holando bajo distintas presiones de pastoreo en campo natural con *Lotus corniculatus* en cobertura. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 58 p.
66. GERLOFF, B. 2005. Estos animales también necesitan refrescarse. (en línea). s.n.t.. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en
http://www.dairyherd.com/directories.asp?pgID=676&ed_id=4645
67. GIBB, M. J.; HUCKLE, C. A.; NUTHALL, R. 1998. Effect of time of day on grazing behaviour by lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*. 53(1): 41-46.
68. GIRAUDO, M. 2003. Estrés térmico. (en línea). Córdoba, Argentina, s.e. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en
http://www.produccionbovina.com/clima_y_ambientacion/09-stres.htm
69. GREENWOOD, G. B.; DEMMENT, M. W. 1998. The effect of fasting on short-term cattle grazing behaviour. *Grass and Forage Science*. 43: 377-386.
70. GREGORY, N. G. 1995. The role of shelterbelts in protecting livestock; a review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 38: 423-450.
71. HAFEZ, E. 1973. Efecto del medio en la producción animal. *In*: Adaptación de los animales domésticos. Barcelona, Labor. pp. 7-132.

72. HAHN, 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Animal Science*. 82: 10-20.
73. HAYDOCK, K. P.; SHAW, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal Experimental Agriculture Animal Husbandry*. 15(76): 663-670.
74. HODGSON, J. 1971. The measurement of herbage intakes in grazing studies. The Grassland Research Institute. Annual Report 1970: 132-140.
75. _____. 1981. Variations in the surface characteristics of the sward and the short-term rate of herbage intake by calves and lambs. *Grass and Forage Science*. 36 (1): 49-57.
76. _____. 1990. *Grazing management; science into practice*. London, Wiley. 203 p.
77. HUPP, H. D.; RATHWELL, P. 1998. Protecting livestock from heat stress. (en línea). Clemson, USA, Management Marketing. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en <http://cherokee.agecon.clemson.edu/mmm371.htm>
78. IASON, G. R.; MANTECON, A. R.; SIM, A. D.; GONZALEZ, J.; FOREMAN, E.; BERMUDEZ, F. F.; ELSTON, D. A. 1999. Can grazing sheep compensate for a daily foraging time constraint? *Journal of Animal Ecology*. 68: 87-93.
79. ILLIUS, A. W.; GORDON, I. J.; MILNE, J. D.; WRIGHT, W. 1995. Costs and benefits of foraging on grasses varying in canopy structure and resistance to defoliation. *Functional Ecology*. 9: 894-903.
80. INVERNIZZI, G.; MARZZIOTTE, G. 1998. Efecto de diferentes confort térmicos sobre la producción de leche en verano. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 109 p.
81. JACOBSEN, K. L. 1996. Importancia económica del bienestar animal. *Super Campo*. 2 (17): 13-16.
82. JAMIESON, W. S.; HODGSON, J. 1979. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and*

Forage Science. 34: 261-271.

83. JOHNSON, J. A.; CATON, J. S.; POLAND, W.; KIRBY, D. R.; DHUYLETTER, D. V. 1988. Influence of season on dietary composition, intake and digestion by beef steers grazing mixed-grass prairie in the northern great plains. *Journal of Animal Science*. 76 (6): 1682-1690.
84. LACA, E. A.; UNGAR, E. D.; DEMMENT, M. W. 1994. Mechanism of handling time and intake rate of a large mammalian grazer. *Applied Animal Behaviour Science*. 39: 3-19.
85. LE DU, Y. L. P.; COMBELLAS, J.; HODGSON, J.; BAKER, R.D. 1979. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 2 – The effect of level of winter feeding and daily herbage allowance. *Grass and Forage Science*. 34: 249-260.
86. LEBORGNE, R. 1984. Antecedentes técnicos y metodología para presupuestación en establecimientos lecheros. Montevideo, Hemisferio Sur. 53 p.
87. LOPEZ DA SILVA, A.; BOZZONE, M 2000. Dietas de verano de acuerdo a los objetivos de producción. (en línea). s.n.t. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en <http://www.surcotelevision.com.ar/Mutricion3.asp>
88. MARSH, R. 1979. Effect of herbage dry matter allowance on the immediate and long term performance of young Friesian steers at pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 22 (2): 209-219.
89. MARTIN, G. 2002. Mantenga la sombra en sus potreros y reduzca el estrés animal. (en línea). Cordoba, Argentina, s.e. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en http://www.produccionbovina.com/clima_y_ambientacion/16-sombra_en_potreros_y_reduzca_estres.htm
90. MARX, T. 2004. Minimizing heat stress in beef cattle. (en línea). Alberta, Agriculture, Food and Rural Development. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/beef5157?opendocument](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/beef5157?opendocument).
91. MATTIAUDA, D. A.; TAMMINGA, S.; ELIZONDO, F.; GIBB, M. J.; CHILIBROSTE, P. 2003. Effect of timing of a restricted grazing session on the ingestive behaviour by lactating dairy cows. *In*: World Congress on Animal Production (5^{to}, 2003, Lima, Perú). Proceedings.

s.n.t. pp. 93-95.

92. _____. 2004. Effect of the length and moment of the grazing session on milk production and composition of grazing dairy cows. In: International Symposium on the Nutrition of Herbivores (6th., 2004, Mérida, México). Proceedings. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 3(1-3): 87-90.
93. MAYNE, C. S.; WRIGHT, I. A.; FISHER, G. E. J. 2000. Grassland management under grazing and animal response. Australian Journal of Experimental Agriculture. 41(2): 261 - 275
94. McGILLOWAY, D. A.; CUSHNAHAN, A.; LAIDLAW, A. S.; MAYNE, C. S.; KILPATRICK, D. J. 1999. The relationship between level of sward height reduction of a rotationally grazed sward and short-term intake rate of dairy cows. Grass and Forage Science. 54: 116-126.
95. McILVAIN, E. H.; SHOP, M. C. 1970. Shade for improving cattle gains and rangeland use. (en línea). s.n.t. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en <http://jrm.library.arizona.edu/data/1971/243/4mcil.pdf>
96. MIARON, J. O.; CRISTOPHERSON, R. J. 1992. Effect of prolonged thermal exposure on heat production, reticular motility, rumen fluid and particulate passage rate constants, and apparent digestibility in steers. Canadian Journal Animal Science. 72: 809-819.
97. MOLITERNO, E. 1997a. Método agronómico. Cangüe. no. 9: 32-36.
98. _____. 1997b. Método agronómico. Cangüe. no. 10: 27-31.
99. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1981. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, D.C., National Academy Press. s. p.
100. _____. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, D.C., National Academy Press. s. p.
101. O´KELLY, J. C. 1988. Climate and production from grazing animals in Australian, effects of heat on cattle. Proceeding of the Australian Society of Animal Production. 17: 83-88.
102. ORR, R. J.; PENNING, P. D.; NEWMAN, J. A.; PARSONS, A. J.; HARVEY, A. 1997. Diet preferences of adult sheep and goats grazing ryegrass and white clover. Small Ruminant Research. 24: 175-184.

103. PATTERSON, D. M.; MCGILLOWAY, D. A.; CUSHNAHAN, A.; MAYNE, C. S.; LAIDLAW, A. S. 1998. Effect of duration of fasting period on short-term intake rates of lactating dairy cows. *Journal of Animal Science*. 66: 299-305.
104. PENNING, P. D.; PARSONS, A. J.; ORR, R. J.; TREACHER, T. T. 1991. Intake and behaviour response by sheep to changes in sward characteristics under continuous stocking. *Grass Forage Science*. 46: 15-28.
105. PENNINGTON, J. A.; VAN DEVENDER, K.; HEAT. 1996. Stress in dairy cattle. (en línea). s.l., University of Arkansas. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/PDF/FSA-3040.pdf
106. POPPI, D. P.; HUGHES, J. P.; L'HUILLIER, P. J. 1987. Intake of pasture for grazing animals. *In*: *Livestock feeding on pasture*. s.l., New Zealand Society of Animal Production. pp. 55-64 (Occasional Publication no. 10).
107. REARDON, T. F. 1977. Effect of herbage per unit area and herbage allowance on dry matter intake by steers. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 37: 58-61.
108. REARTE, D. H.; SANTINI, F. J. 1989. Digestión ruminal y producción en animales en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 9 (2): 93-105.
109. RINALDI, C.; ESPASANDIN, A.; SOCA, P. 1995. Estructura del tapiz, calidad de la dieta y performance de novillos sometidos a diferentes presiones de pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 15 (1): 282-284.
110. ROOK, A.; HUCKLE, C. A.; PENNING, P. 1994. Effect of sward height and concentrate supplementation on the ingestive behaviour of spring-calving dairy cows grazing grass-clover swards. *Applied Animal Behaviour Science*. 40: 101-112.
111. ROSSO, A. 2004. Suplementación estival. *Revista del Plan Agropecuario*. 112: 21-25.
112. ROVIRA, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 277 p.

113. ROVIRA, P. 2002. Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano. In: Producción Animal. Treinta y Tres, INIA. pp. 87-103 (Actividades de difusión, no. 294).
114. SIMEONE, A. 2000. Producción intensiva de carne. Revista de FUCREA. 205: 16-19.
115. _____. 2005a. Bases nutricionales para el manejo de la alimentación en sistemas pastoriles y en confinamiento destinados al engorde de vacunos. In: Curso de Actualización Profesional para Egresados Universitarios (2005, Montevideo). Textos. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 50-57.
116. _____.; BERETTA, V. 2005b. Manejo nutricional en ganado de carne. Suplementación y engorde a corral; cuando y como integrarlos en el sistema ganadero. (en línea). In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (8º, 2005, Paysandu). Memorias. s.n.t. Consultado 14 dic. 2006. Disponible en [http://www.fagro.edu.uy/~eemac/eventos/Jornada%20Anual%20de%20la%20UPIC%20%202005%20\(18-08-05\).PDF](http://www.fagro.edu.uy/~eemac/eventos/Jornada%20Anual%20de%20la%20UPIC%20%202005%20(18-08-05).PDF)
117. SHARROW, S. 2000. Trees in pastures; do cattle benefit from shade? (en línea). Oregon, USA, University of Oregon. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en <http://www.aftaweb.org/entserv1.php?page=25>
118. SOCA, P.; CHILIBROSTE, P.; MATTIAUDA, D. 1999. Effect of moment and lenght of the grazing session on 2 Grazing time and ingestive behavior. In: International Symposium Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology (5^{to}, 1999, Curitiba, Brasil). Proceedings. Curitiba, Brasil, s.e. pp. 295-298.
119. _____. 2000. Efecto del tiempo de pastoreo y nivel de suplementación sobre el consumo, conducta y parámetros productivos de vacas lecheras. Tesis de Postgrado. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 110 p.
120. _____.; GONZALEZ, H.; MANTEROLA, H. 2001. Foraging strategy of Milk cows; literature review. Revista Ciencia Animal (Chile). 25: 119-225.
121. SOUZA DE ABREU, M. H.; IBRAHIM, M.; DE SALES SILVA, J. C. 1999. Árboles en pastizales y su influencia en la producción de pasto y leche.

- (en línea). s.n.t. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/P2-Souza.htm>
122. STAKELUM, G.; DILLON, P. 1989. The effect of herbage mass on the herbage intake and grazing behaviour of dairy cows. *In*: International Grassland Congress (14th., 1989, Nice, France). Proceedings. s.n.t. pp. 1157-1158.
123. UNGAR, E. D. 1996. Ingestive behaviour. *In*: The ecology and management of grazing system. Wallingford, CABI. pp. 185- 218.
124. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMIA. 2005. Datos climáticos. (en línea). Paysandú. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~eemac/>.
125. URUGUAY. DIRECCIÓN NACIONAL DE METEOROLOGÍA. s.f. Estadística climática. (en línea). Montevideo. Consultado 15 dic. 2005. Disponible en http://www.meteorologia.com.uy/estadistica_climat.htm
126. _____. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA. DIVISIÒN DE SUELOS Y FERTILIDAD. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, escala 1:1000000. Montevideo. 103 p.
127. VALTORTA, S.; GALLARDO, M. 1996. El estrés por calor en producción lechera. (en línea). s.n.t. Consultado 25 feb. 2007. Disponible en <http://www.tucumanproductivo.com.ar/doc/contenido/%5CEstresCalorProdLechera.doc>
128. _____. 2003a. Estrategias para mejorar la producción de leche en verano. (en línea). s.n.t. Consultado 7 Nov. 2006. Disponible en <http://www.veterinariosursf.com.ar/muestropublicacion.php?numreg=43>
129. _____. 2003b. Qué calor!!!! Y... las vacas??. (en línea). s.n.t. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/art_divulgacion/ad_0003.htm
130. _____.; GREGORET, R. 2005. Manejo del estrés en verano. (en línea). Rafaela, INTA. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en http://www.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/prl/prl_doc23.htm
131. VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in

- relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74: 3583.
132. VAZ MARTINS, D. 2000. Pastoreo de sorgo para engorde de ganado. *Revista del Plan Agropecuario*. 94: 34-36.
133. WADE, M. H. 1991. Factors affecting the availability of vegetative lolium perenne to grazing dairy cows with special reference to sward characteristics, stocking rate and grazing method. Ph. D. Rennes, France. Universite de Rennes. 256 p.
134. WALDO, D. 1986. Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interaction. *Journal of Dairy Science*. 69: 47-63.
135. WALES, W. J.; DOYLE, P. T.; DELLOW D. W. 1998. Dry matter intake, nutrient selection by lactating cows grazing irrigated pastures. At pastures at different pasture allowance in summer and autumn. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 38: 451-460.
136. WARREN, E.; MARTZ, F; ASAY, K; HILL DER BRAND, E.; PAYNE, C.; VOGT, J. 1974. Digestibility and rate of passage by steers fed tall fescue, alfalfa and orchardgrass hay in 18 and 32°C ambient temperatures. *Journal of Animal Science*. 60: 424.
137. WEST, J. W. 1999. Managing and feeding lactating dairy cows in hot weather. (en línea). Tifton, University of Georgia. Consultado 17 jun. 2005. Disponible en <http://interests.caes.uga.edu/drought/articles/managcow.htm>
138. WILSON, S. J.; MARION, J. N.; SPIERS D. E.; KEISLER, D. H.; LUCY, M. C. 1998. Effects of controlled heat stress on ovarian function of dairy cattle. 1- Lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 81: 2124-2131.
139. YOUNG, B. A. 1988. Influencia del estrés ambiental sobre las necesidades nutritivas. In: Church, C.D. ed. *El ruminante; fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza, Acribia. pp. 525-538.
140. ZEMMELINK, G. 1986. The effects of hot climate on feed quality and intake. *World Review of Animal Production*. 22: 84-88.

9. ANEXOS

Anexo 1: Temperatura y humedad promedio e histórico.

	PERIODO	ENE	FEB	MAR	ANUAL
Temperatura Media (°C)	61-90	24,8	23,7	21,6	17,9
Temperatura Maxima Media (°C)	61-90	31,5	30	27,6	23,8
Temperatura Mínima Media (°C)	61-90	18,3	17,6	15,7	12,2
Humedad Relativa (%)	61-90	65	69	72	73
Precipitación acumulada por mes(mm)	61-90	100	131	147	1218

FUENTE: Estación meteorológica Paysandú. Dirección nacional de meteorología

MES	Fecha	Temperatura (°C)			Hum_Rel (%)		
		Min	Prom	Max	Min	Prom	Max
1	01/01/2005	20,58	28,19	35,36	28,54	50,56	81,60
	02/01/2005	23,10	28,98	35,88	31,34	54,02	78,78
	03/01/2005	20,89	26,02	33,48	51,58	72,27	99,20
	04/01/2005	19,77	27,75	35,85	35,84	70,06	100,00
	05/01/2005	20,58	30,08	38,21	31,10	55,98	88,32
	06/01/2005	21,58	30,42	39,26	27,59	52,81	74,62
	07/01/2005	25,06	32,46	39,71	23,26	46,99	71,87
	08/01/2005	22,43	28,21	36,52	47,74	66,67	86,02
	09/01/2005	21,85	23,79	26,15	78,78	91,93	100,00
	10/01/2005	17,51	24,68	32,08	40,83	71,10	96,58
	11/01/2005	19,66	27,05	34,98	30,78	62,28	92,42
	12/01/2005	20,19	28,49	35,76	35,58	54,43	75,97
	13/01/2005	21,22	27,32	33,91	34,62	56,64	84,61
	14/01/2005	20,58	28,10	37,12	34,56	63,88	100,00
	15/01/2005	19,10	23,40	29,22	39,94	76,16	100,00
	16/01/2005	14,44	23,23	30,45	32,57	56,47	85,25
	17/01/2005	16,48	25,66	32,27	31,44	53,11	84,22
	18/01/2005	18,12	25,39	32,97	24,94	51,95	89,79
	19/01/2005	14,36	23,67	32,95	29,00	60,43	84,42
	20/01/2005	15,71	20,70	25,57	38,98	61,09	88,58
	21/01/2005	11,96	22,03	30,76	27,88	46,88	72,26
	22/01/2005	16,51	25,62	34,40	25,25	48,48	69,50
	23/01/2005	17,70	26,05	34,71	21,98	53,86	81,28
	24/01/2005	17,91	26,00	34,50	27,60	50,16	77,76
	25/01/2005	15,06	20,91	27,01	18,34	42,80	79,17
	26/01/2005	10,62	21,18	29,39	21,88	35,39	57,66
	27/01/2005	15,38	24,17	32,53	21,11	44,06	79,36
	28/01/2005	18,63	26,95	35,18	29,41	42,71	57,28
	29/01/2005	22,40	29,97	36,99	35,39	54,00	71,74
	30/01/2005	20,16	22,93	30,29	62,59	92,68	100,00
	31/01/2005	14,19	17,66	21,85	81,28	97,02	100,00

Cont...

Continuación Anexo 1

2	01/02/2005	12,02	16,34	21,95	44,35	70,43	90,82
	02/02/2005	9,48	17,11	24,37	38,53	65,83	90,18
	03/02/2005	13,17	20,37	27,36	35,26	63,11	89,28
	04/02/2005	15,36	22,67	28,96	43,78	63,96	88,32
	05/02/2005	19,77	26,08	33,14	55,04	70,37	86,78
	06/02/2005	22,07	27,91	33,32	57,34	70,25	86,98
	07/02/2005	22,37	24,34	26,07	64,45	85,64	99,46
	08/02/2005	21,64	22,67	24,03	94,91	98,26	100,00
	09/02/2005	20,67	25,18	31,23	63,23	87,24	100,00
	10/02/2005	19,82	22,88	27,20	67,84	83,27	99,97
	11/02/2005	19,24	21,59	24,95	75,39	86,38	97,66
	12/02/2005	16,98	22,24	28,91	59,20	83,73	100,00
	13/02/2005	17,91	23,68	30,49	53,95	80,14	100,00
	14/02/2005	17,12	23,80	29,88	53,38	76,29	100,00
	15/02/2005	17,00	22,80	28,74	47,17	68,77	87,62
	16/02/2005	17,19	22,80	29,09	50,69	69,24	86,27
	17/02/2005	18,89	24,11	30,01	45,63	70,70	90,30
	18/02/2005	16,09	24,11	30,66	43,07	67,12	95,87
	19/02/2005	17,19	25,24	32,00	46,40	69,20	94,85
	20/02/2005	17,86	25,77	33,30	50,43	72,32	99,97
	21/02/2005	19,77	24,19	28,83	65,86	81,36	97,60
	22/02/2005	18,95	25,62	32,29	55,87	82,34	100,00
	23/02/2005	21,88	27,81	34,54	40,32	67,47	92,67
	24/02/2005	22,04	24,43	26,50	76,74	84,53	95,81
	25/02/2005	19,37	21,84	24,44	82,88	97,53	100,00
	26/02/2005	17,65	22,46	29,13	61,89	90,58	100,00
	27/02/2005	15,27	22,56	29,39	43,65	78,96	100,00
	28/02/2005	15,15	20,81	27,56	61,44	77,79	98,88

Cont...

Continuación Anexo 1

3	01/03/2005	9,24	16,62	23,38	46,46	71,02	96,64
	02/03/2005	10,56	17,87	24,95	52,86	75,24	97,22
	03/03/2005	13,70	20,61	28,17	36,61	61,86	84,99
	04/03/2005	16,48	23,23	30,63	37,50	61,62	86,14
	05/03/2005	16,32	25,37	34,43	43,90	65,64	88,90
	06/03/2005	17,05	26,92	36,62	32,68	63,64	96,70
	07/03/2005	20,82	25,72	30,87	50,50	66,90	83,26
	08/03/2005	15,27	19,97	24,37	81,41	92,75	100,00
	09/03/2005	11,85	18,42	25,06	44,86	76,23	100,00
	10/03/2005	11,37	21,30	30,20	41,79	66,94	96,19
	11/03/2005	17,78	25,40	33,03	49,92	74,42	96,00
	12/03/2005	15,55	19,17	25,41	62,91	88,95	98,94
	13/03/2005	15,97	17,40	18,89	96,58	99,87	100,00
	14/03/2005	14,89	20,44	27,16	58,75	85,33	100,00
	15/03/2005	16,18	21,91	28,13	62,21	82,43	99,26
	16/03/2005	16,18	22,62	29,31	61,70	84,55	100,00
	17/03/2005	16,53	23,83	30,40	56,77	81,80	100,00
	18/03/2005	14,27	20,59	25,29	48,58	76,53	97,02
	19/03/2005	11,26	18,97	26,15	40,06	65,84	89,34
	20/03/2005	17,70	20,59	24,71	59,52	70,03	83,58
	21/03/2005	13,87	17,84	20,25	76,48	89,85	100,00
	22/03/2005	10,15	15,24	21,10	57,09	76,58	90,30
	23/03/2005	11,51	17,32	24,03	50,94	77,46	98,11
	24/03/2005	10,47	18,72	25,88	53,63	73,67	95,74
	25/03/2005	15,20	20,41	28,08	47,87	69,91	86,34
	26/03/2005	12,95	21,62	30,06	48,19	74,67	98,05
	27/03/2005	16,09	23,20	31,00	49,66	77,27	98,56
	28/03/2005	17,23	23,49	30,20	65,09	81,12	98,18
	29/03/2005	17,28	20,09	24,47	75,26	91,28	98,05
	30/03/2005	12,39	17,26	22,19	57,41	74,77	91,71
	31/03/2005	14,50	16,22	18,28	82,62	95,16	100,00

Anexo 2: anava para disponibilidad de forraje

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
AF	1	150997.78	150997.78	3.57	0.0728
RE	1	13808.00	13808.00	0.33	0.5740
AF*RE	1	49534.45	49534.45	1.17	0.2916
SEMANA	3	36222075.27	12074025.09	285.23	<.0001
AF*SEMANA	3	600013.45	200004.48	4.72	0.0113
RE*SEMANA	3	279537.27	93179.09	2.20	0.1180
AF*RE*SEMANA	3	279365.18	93121.73	2.20	0.1181
DIA_DENIROSE(SEMANA)	7	8239065.46	1177009.35	27.80	<.0001

Anexo 3: anava para altura del forraje ofrecido

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
AF	1	0.324000	0.324000	0.04
RE	1	44.944000	44.944000	5.24
AF*RE	1	20.736000	20.736000	2.42
SEMANA	3	1605.721071	535.240357	62.45
AF*SEMANA	3	11.636071	3.878690	0.45
RE*SEMANA	3	144.276071	48.092024	5.61
AF*RE*SEMANA	3	67.009643	22.336548	2.61
DIA_DENIROSE(SEMANA)	3	99.662500	33.220833	3.88

Anexo 4: anava para composición botánica del forraje ofrecido

LEGUMINOSAS				
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
AF	1	0.02258689	0.02258689	3.67
RE	1	0.00966055	0.00966055	1.57
AF*RE	1	0.00902256	0.00902256	1.47
SEMANA	3	0.41947358	0.13982453	22.75

GRAMINEAS				
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
AF	1	0.00046167	0.00046167	0.05
RE	1	0.00759812	0.00759812	0.74
AF*RE	1	0.03249919	0.03249919	3.17
SEMANA	3	0.68816902	0.22938967	22.39

MALEZAS				
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
AF	1	0.01326398	0.01326398	3.66
RE	1	0.00369322	0.00369322	1.02
AF*RE	1	0.00028401	0.00028401	0.08
SEMANA	3	0.03109155	0.01036385	2.86

RESTOS SECOS				
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
AF	1	0.01782383	0.01782383	1.67
RE	1	0.02394794	0.02394794	2.24
AF*RE	1	0.01877486	0.01877486	1.76
SEMANA	3	0.73400384	0.24466795	22.89

Anexo 5: anava para disponibilidad de forraje residual

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
AF	1	1603906.34	1603906.34	30.47
RE	1	8300.56	8300.56	0.16
AF*RE	1	1520.04	1520.04	0.03
SEMANA	3	15653147.27	5217715.76	99.12
AF*SEMANA	3	373551.72	124517.24	2.37
RE*SEMANA	3	210819.60	70273.20	1.33
AF*RE*SEMANA	3	166899.09	55633.03	1.06
DIA_DENITROSE (SEMANA)	7	2026710.46	289530.07	5.50

Anexo 6: anava para altura del forraje residual

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
AF	1	8.0102500	8.0102500	1.09
RE	1	17.2922500	17.2922500	2.35
AF*RE	1	0.0902500	0.0902500	0.01
SEMANA	3	687.9462500	229.3154167	31.13
AF*SEMANA	3	3.6705357	1.2235119	0.17
RE*SEMANA	3	13.0233929	4.3411310	0.59
AF*RE*SEMANA	3	3.2862500	1.0954167	0.15
DIA_DENTROSE(SEMANA)	3	43.0237500	14.3412500	1.95

Anexo 7: anava para composición botánica del forraje residual

LEGUMINOSAS				
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
AF	1	0.02258689	0.02258689	3.67
RE	1	0.00966055	0.00966055	1.57
AF*RE	1	0.00902256	0.00902256	1.47
SEMANA	3	0.41947358	0.13982453	22.75
GRAMINEAS				
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
AF	1	0.00046167	0.00046167	0.05
RE	1	0.00759812	0.00759812	0.74
AF*RE	1	0.03249919	0.03249919	3.17
SEMANA	3	0.68816902	0.22938967	22.39
MALEZAS				
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
AF	1	0.01326398	0.01326398	3.66
RE	1	0.00369322	0.00369322	1.02
AF*RE	1	0.00028401	0.00028401	0.08
SEMANA	3	0.03109155	0.01036385	2.86

Source	RESTOS SECOS			
	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
AF	1	0.01782383	0.01782383	1.67
RE	1	0.02394794	0.02394794	2.24
AF*RE	1	0.01877486	0.01877486	1.76
SEMANA	3	0.73400384	0.24466795	22.89

Anexo 8: anava para utilización de forraje

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
AF	1	2750.614074	2750.614074	41.64
RE	1	37.167407	37.167407	0.56
AF*RE	1	69.814074	69.814074	1.06
SEMANA	3	3399.433939	1133.144646	17.15
AF*SEMANA	3	396.433939	132.144646	2.00
RE*SEMANA	3	133.109697	44.369899	0.67
AF*RE*SEMANA	3	73.513939	24.504646	0.37
DIA_DENTROSE (SEMANA)	7	3511.378333	501.625476	7.59

Anexo 9: anava para consumo animal

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value
AF	1	4.89606667	4.89606667	8.30
RE	1	0.12136296	0.12136296	0.21
AF*RE	1	0.27306667	0.27306667	0.46
SEMANA	3	23.97816818	7.99272273	13.55
AF*SEMANA	3	0.54673485	0.18224495	0.31
RE*SEMANA	3	0.55592273	0.18530758	0.31
AF*RE*SEMANA	3	1.01988939	0.33996313	0.58
DIA_DENTROSE (SEMANA)	7	35.52125000	5.07446429	8.60

Anexo 10: anava para % de pastoreo

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
AF	1	11	0.65	0.4366
RE	1	11	319.91	<.0001
AF*RE	1	11	8.06	0.0161
SEMANA	3	33	37.06	<.0001
AF*SEMANA	3	33	4.57	0.0088
RE*SEMANA	3	33	18.77	<.0001
AF*RE*SEMANA	3	33	1.04	0.3863
DIA_DENTROSE (SEMANA)	3	41	15.39	<.0001

Anexo 11: anava para % de rumia

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
AF	1	11	1.52	0.2432
RE	1	11	14.80	0.0027
AF*RE	1	11	0.19	0.6698
SEMANA	3	33	25.91	<.0001
AF*SEMANA	3	33	1.88	0.1518
RE*SEMANA	3	33	5.01	0.0057
AF*RE*SEMANA	3	33	0.14	0.9383
DIA_DENTROSE (SEMANA)	3	41	8.17	0.0002

Anexo 12: anava para % de descanso

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
AF	1	11	10.93	0.0070
RE	1	11	20.33	0.0009
AF*RE	1	11	0.16	0.6926
SEMANA	3	33	8.44	0.0003
AF*SEMANA	3	33	4.16	0.0132
RE*SEMANA	3	33	4.88	0.0064
AF*RE*SEMANA	3	33	1.16	0.3413
DIA_DENTROSE (SEMANA)	3	41	1.92	0.1420

Anexo 13: anava para patrón de pastoreo 10-13 horas

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
AF	1	6	1.73	0.2362
SEMANA	3	18	24.70	<.0001
AF*SEMANA	3	18	3.03	0.0562
DIA_DENTROSE (SEMANA)	3	21	5.01	0.0090

Anexo 14: anava para patrón de pastoreo 13-16 horas

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
AF	1	6	1.73	0.2362
SEMANA	3	18	24.70	<.0001
AF*SEMANA	3	18	3.03	0.0562
DIA_DENTROSE (SEMANA)	3	21	5.01	0.0090

Anexo 15: anava para patrón de pastoreo 16-19 horas

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
AF	1	12	1.42	0.2560
RE	1	12	305.30	<.0001
AF*RE	1	12	0.39	0.5438
SEMANA	3	36	25.25	<.0001
AF*SEMANA	3	36	1.03	0.3927
RE*SEMANA	3	36	6.81	0.0009
AF*RE*SEMANA	3	36	0.05	0.9840
DIA_DENTROSE (SEMANA)	3	44	7.77	0.0003

Anexo 16: anava para patrón de pastoreo 19-21 horas

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
AF	1	12	13.66	0.0031
RE	1	12	159.78	<.0001
AF*RE	1	12	16.29	0.0016
SEMANA	3	36	5.50	0.0032
AF*SEMANA	3	36	1.52	0.2257
RE*SEMANA	3	36	37.26	<.0001
AF*RE*SEMANA	3	36	0.88	0.4604
DIA_DENTROSE (SEMANA)	3	44	7.83	0.0003

Anexo 17: anava para patrón de pastoreo 7-10 horas

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
AF	1	12	3.35	0.0923
RE	1	12	127.19	<.0001
AF*RE	1	12	0.00	0.9987
SEMANA	3	36	16.89	<.0001
AF*SEMANA	3	36	1.70	0.1853
RE*SEMANA	3	36	3.38	0.0285
AF*RE*SEMANA	3	36	0.46	0.7117
DIA_DENTROSE(SEMANA)	3	44	6.39	0.0011

Anexo 18: anava para patrón de pastoreo primeras 3 horas

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
AF	1	12	7.53	0.0178
RE	1	12	1.13	0.3078
AF*RE	1	12	2.09	0.1740
SEMANA	3	36	3.14	0.0371
AF*SEMANA	3	36	0.93	0.4371
RE*SEMANA	3	36	48.70	<.0001
AF*RE*SEMANA	3	36	0.11	0.9524
DIA_DENTROSE(SEMANA)	3	44	3.57	0.0215

Anexo 19: anava para patrón de pastoreo segundas 3 horas

Num	Den	Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
		AF	1	12	0.00	0.9649
		RE	1	12	0.00	0.9635
		AF*RE	1	12	0.00	0.9649
		SEMANA	3	36	0.66	0.5848
		AF*SEMANA	3	36	3.68	0.0208
		RE*SEMANA	3	36	12.15	<.0001
		AF*RE*SEMANA	3	36	4.05	0.0140
		DIA_DENTROSE (SEMANA)	3	44	2.66	0.0597

Anexo 20: anava para patrón de pastoreo terceras 3 horas

Num	Den	Effect	DF	DF	F Value	Pr > F
		AF	1	12	1.46	0.2497
		RE	1	12	74.93	<.0001
		AF*RE	1	12	1.55	0.2362
		SEMANA	3	36	4.42	0.0095
		AF*SEMANA	3	36	0.17	0.9170
		RE*SEMANA	3	36	25.72	<.0001
		AF*RE*SEMANA	3	36	1.47	0.2383
		DIA_DENTROSE (SEMANA)	3	44	2.64	0.0614

Anexo 21: anava para TB promedio

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
AF	1	12	0.24	0.6297
RE	1	12	120.50	<.0001
AF*RE	1	12	1.76	0.2094
SEMANA	3	36	5.15	0.0046
AF*SEMANA	3	36	0.52	0.6681
RE*SEMANA	3	36	2.75	0.0570
AF*RE*SEMANA	3	36	0.56	0.6416
DIA_DENTROSE(SEMANA)	3	44	4.53	0.0075

Anexo 22: anava para TB 0 horas

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
AF	1	12	8.12	0.0146
RE	1	12	268.07	<.0001
AF*RE	1	12	3.18	0.1000
SEMANA	3	36	13.63	<.0001
AF*SEMANA	3	36	1.44	0.2473
RE*SEMANA	3	36	22.04	<.0001
AF*RE*SEMANA	3	36	3.94	0.0158
DIA_DENTROSE(SEMANA)	3	43	0.85	0.4743

Anexo 23: anava para TB 3 horas

Effect	Num	Den	F Value	Pr > F
	DF	DF		
AF	1	12	5.80	0.0330
RE	1	12	145.20	<.0001
AF*RE	1	12	0.22	0.6498
SEMANA	3	36	28.41	<.0001
AF*SEMANA	3	36	1.72	0.1807
RE*SEMANA	3	36	13.96	<.0001
AF*RE*SEMANA	3	36	3.99	0.0149
DIA_DENTROSE (SEMANA)	3	44	2.53	0.0695

Anexo 24: anava para TB 6 horas

Effect	Num	Den	F Value	Pr > F
	DF	DF		
AF	1	12	0.25	0.6290
RE	1	12	0.11	0.7502
AF*RE	1	12	0.80	0.3895
SEMANA	3	36	3.74	0.0195
AF*SEMANA	3	36	1.80	0.1639
RE*SEMANA	3	36	7.56	0.0005
AF*RE*SEMANA	3	36	0.80	0.5017
DIA_DENTROSE (SEMANA)	3	44	6.01	0.0016

Anexo 25: anava para peso vivo

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
AF	1	27	0.00	0.9717
RE	1	27	0.00	0.9962
AF*RE	1	27	0.32	0.5736
PINIC	1	27	1370.63	<.0001
dias	1	252	672.16	<.0001
dias*AF	1	252	0.50	0.4820
dias*RE	1	252	8.90	0.0031
dias*AF*RE	1	252	0.32	0.5742

Anexo 26: anava para ganancia media de peso

Label	Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr >
int prom	297.29	1.3470	27	220.71	<.
int af 6	297.34	1.9132	27	155.42	<.
int af 12	297.24	1.9132	27	155.37	<.
int s/e	297.28	1.9076	27	155.84	<.
int c/e	297.30	1.9076	27	155.85	<.
int 6 se	296.56	2.7033	27	109.71	<.
int 6 ce	298.11	2.6971	27	110.53	<.
int 12 se	298.00	2.6940	27	110.62	<.
int 12 ce	296.48	2.7145	27	109.22	<.
dias prom	0.7759	0.02993	252	25.93	<.
dias af 6	0.7970	0.04233	252	18.83	<.
dias af 12	0.7549	0.04233	252	17.83	<.
dias s/e	0.6867	0.04233	252	16.22	<.
dias c/e	0.8652	0.04233	252	20.44	<.
dias 6 se	0.7246	0.05986	252	12.10	<.
dias 6 ce	0.8694	0.05986	252	14.53	<.
dias 12 se	0.6487	0.05986	252	10.84	<.
dias 12 ce	0.8610	0.05986	252	14.38	<.
dias af 6-12	0.04214	0.05986	252	0.70	0.
dias re s-c	-0.1786	0.05986	252	-2.98	0.
dias 6-12 se	0.07582	0.08465	252	0.90	0.
dias 6-12 ce	0.008463	0.08465	252	0.10	0.
dias re s-c af=6	-0.1449	0.08465	252	-1.71	0.
dias re s-c af=12	-0.2122	0.08465	252	-2.51	0.

Anexo 27: Niveles de ITH diarios para el período experimental.

Día	ITH	Día	ITH	Día	ITH
01/01/05	76	01/02/05	61	01/03/05	61
02/01/05	78	02/02/05	62	02/03/05	63
03/01/05	76	03/02/05	67	03/03/05	67
04/01/05	78	04/02/05	70	04/03/05	70
05/01/05	79	05/02/05	76	05/03/05	74
06/01/05	79	06/02/05	78	06/03/05	76
07/01/05	81	07/02/05	74	07/03/05	75
08/01/05	78	08/02/05	73	08/03/05	68
09/01/05	74	09/02/05	76	09/03/05	64
10/01/05	73	10/02/05	72	10/03/05	68
11/01/05	76	11/02/05	70	11/03/05	75
12/01/05	77	12/02/05	71	12/03/05	66
13/01/05	76	13/02/05	73	13/03/05	63
14/01/05	78	14/02/05	73	14/03/05	68
15/01/05	72	15/02/05	70	15/03/05	70
16/01/05	70	16/02/05	71	16/03/05	71
17/01/05	73	17/02/05	73	17/03/05	73
18/01/05	72	18/02/05	72	18/03/05	68
19/01/05	71	19/02/05	74	19/03/05	65
20/01/05	67	20/02/05	75	20/03/05	67
21/01/05	68	21/02/05	74	21/03/05	64
22/01/05	72	22/02/05	76	22/03/05	59
23/01/05	74	23/02/05	78	23/03/05	63
24/01/05	73	24/02/05	74	24/03/05	65
25/01/05	66	25/02/05	71	25/03/05	67
26/01/05	66	26/02/05	72	26/03/05	69
27/01/05	70	27/02/05	71	27/03/05	72
28/01/05	73	28/02/05	68	28/03/05	73
29/01/05	79			29/03/05	68
30/01/05	73			30/03/05	62
31/01/05	64			31/03/05	61

Los días señalados en color corresponde a los días en que se realizo comportamiento ingestivo a los animales.

Anexo 28: Niveles de ITH diarios considerando temperatura y humedad relativa máxima del día.

Enero	ITH	Febrero	ITH	Marzo	ITH
01/01/2005	91,84	01/02/2005	70,83	01/03/2005	73,79
02/01/2005	92,08	02/02/2005	74,90	02/03/2005	76,62
03/01/2005	92,11	03/02/2005	79,88	03/03/2005	80,67
04/01/2005	96,53	04/02/2005	82,45	04/03/2005	84,91
05/01/2005	98,03	05/02/2005	89,21	05/03/2005	91,78
06/01/2005	96,43	06/02/2005	89,54	06/03/2005	97,19
07/01/2005	96,44	07/02/2005	78,86	07/03/2005	84,84
08/01/2005	94,68	08/02/2005	75,25	08/03/2005	75,87
09/01/2005	79,07	09/02/2005	88,21	09/03/2005	77,11
10/01/2005	89,15	10/02/2005	80,96	10/03/2005	85,77
11/01/2005	93,42	11/02/2005	76,67	11/03/2005	90,72
12/01/2005	91,30	12/02/2005	84,04	12/03/2005	77,62
13/01/2005	90,07	13/02/2005	86,88	13/03/2005	66,00
14/01/2005	98,82	14/02/2005	85,78	14/03/2005	80,89
15/01/2005	84,60	15/02/2005	81,98	15/03/2005	82,53
16/01/2005	84,47	16/02/2005	82,37	16/03/2005	84,76
17/01/2005	87,30	17/02/2005	84,52	17/03/2005	86,72
18/01/2005	89,47	18/02/2005	86,52	18/03/2005	77,20
19/01/2005	88,46	19/02/2005	88,70	19/03/2005	77,83
20/01/2005	76,77	20/02/2005	91,93	20/03/2005	74,81
21/01/2005	82,89	21/02/2005	83,55	21/03/2005	68,45
22/01/2005	87,89	22/02/2005	90,12	22/03/2005	69,34
23/01/2005	90,72	23/02/2005	92,71	23/03/2005	75,07
24/01/2005	89,68	24/02/2005	79,20	24/03/2005	78,10
25/01/2005	78,03	25/02/2005	75,99	25/03/2005	80,70
26/01/2005	78,64	26/02/2005	84,43	26/03/2005	85,81
27/01/2005	86,86	27/02/2005	84,90	27/03/2005	87,56
28/01/2005	86,55	28/02/2005	81,46	28/03/2005	86,08
29/01/2005	92,27			29/03/2005	75,85
30/01/2005	86,52			30/03/2005	71,31
31/01/2005	71,33			31/03/2005	64,90

Los días señalados en color corresponde a los días en que se realizo comportamiento ingestivo a los animales.

Anexo 29: Proporción del tiempo dedicada al pastoreo para las diferentes horas del día.

Manejo	Pastoreo libre		Con encierro	
	6	12	6	12
10-13	39 a	37 a		
13-16	11 a	12 a		
16-19	17 b	16 b	41 a	38 a
19-21	19 c	24 b	31 a	31 a
7-10	8 b	9 b	26 a	30 a

^{a, b} medias seguidas por distintas letras en la fila y columna difieren estadísticamente P<0.05

Anexo 30: Cálculo de estimación de estrés calórico.

$$EM_{gce} = 7 \text{ Mcal/día}$$

$$EM_{gpl} = 5 \text{ Mcal/día}$$

$$7 - 5 = 2 \text{ Mcal/día}$$

$$EM_{mce} = EM_{mpl} = 11 \text{ Mcal/día}$$

$$11 + 2 = 13 \text{ Mcal/día}$$

$$11 + 5 + 2 = 18 \text{ Mcal/día}$$

$$(13/18) * 100 = 72\%$$

$$11 + 7 = 18 \text{ Mcal/día}$$

$$(11/18) * 100 = 61\%$$

$$72 - 61 = \mathbf{11\%}$$

$$EM_m = EN_m/km \text{ (AFRC, 1993)}$$

donde EN_m es la energía neta de mantenimiento y km la eficiencia de uso de la energía metabolizable para mantenimiento.

$$EN_m = EN_{mb} + EN_{ter} + EN_{act} \text{ (AFRC, 1993)}$$

donde EN_{mb} es la energía neta para metabolismo basal,

$$EN_{mb} = (0.53(PV/1.08)^{0.67})/4.184 \text{ (AFRC, 1993)}$$

EN_{ter} es la energía neta en termorregulación, pero no fue tomada en cuenta

EN_{act} es la energía neta de actividad

$$EN_{act} = EN_{actb} + EN_{past} \text{ (AFRC, 1993)}$$

donde EN_{actb} es la energía neta de actividad básica

$$EN_{actb} = 0.0071PV/4.184 \text{ (AFRC, 1993)}$$

y EN_{past} es la energía neta por pastoreo

$$EN_{past} = (C * CMS * (0.9 - D) + 0.05T / (DMSV + 3)) * PV / 4.184 \text{ (CSIRO, 1994)}$$

donde C es una constante con valor 0.006, D es la digestibilidad de la pastura, T es una escala de topografía del terreno que puede tomar valores de 1 si el terreno es llano, 2 si es ondulado y 3 si es una colina, y $DMSV$ es la disponibilidad de forraje verde.

$$EM_g = EN_g/kg \text{ (AFRC, 1993)}$$

donde EN_g es la energía neta para ganancia de peso y kg la eficiencia de uso de la energía metabolizable para ganancia de peso.

$$EN_g = VE_g * GD \text{ (AFRC, 1993)}$$

donde VE_g es el valor energético de la ganancia de peso

$$VE_g = C2(4.1 + 0.0332PV - 0.000009PV^2) / (1 - C3 * 0.1475 * GD) \text{ (AFRC, 1993)}$$

donde $C2$ es un valor que corrige por tamaño adulto de la raza y sexo, que para este caso es 1, $C3$ es un valor que corrige por GD siendo 1 cuando el animal esta ganando peso y 0 si mantiene o pierde peso.

$PMm = PNm / knb$ (AFRC, 1993)

donde PNm es la proteína neta para mantenimiento del animal y knb es la eficiencia de uso de la proteína metabolizable para mantenimiento (valor de 1)

$PNm = 2.3 * PV^{0.75}$

$PMg = PNg / kng$ (AFRC, 1993)

donde PNg es la proteína neta para ganancia de peso vivo y kng es la eficiencia de uso de la energía metabolizable para ganancia de peso (valor de 0.59)

$PNg = GD * (168.07 - 0.16869PV + 0.0001633PV^2) * (1.12 - 0.1223GD)$ (AFRC, 1993)

Anexo 31: Cálculo de Producción de Carne (kg carne/ha)

PV 6% AF PL= 353 kg

PV 12% AF PL= 357 kg

PV 6% AF CE= 339 kg

PV 12% AF CE= 339 kg

Disp 6% AF PL= 2908 kgMS/ha

Disp 12% AF PL= 2805 kgMS/ha

Disp 6% AF CE= 2721 kgMS/ha

Disp 12% AF CE= 2754 kgMS/ha

Asignados 6% AF PL= 21 kgMS/animal/día

Asignados 12% AF PL= 43 kgMS/animal/día

Asignados 6% AF CE= 20 kgMS/animal/día

Asignados 12% AF CE= 41 kgMS/animal/día

Nº nov/ha 6% AF PL= $2908 / 1335 = 2.18$ nov/ha

Nº nov/ha 12% AF PL= $2805 / 2702 = 1.04$ nov/ha

Nº nov/ha 6% AF CE= $2721 / 1280 = 2.13$ nov/ha

Nº nov/ha 12% AF CE= $2754 / 2560 = 1.08$ nov/ha

GD 6% AF PL= 0.72 kg/animal/día

GD 12% AF PL= 0.65 kg/animal/día

GD 6% AF CE= 0.87 kg/animal/día

GD 12% AF CE= 0.86 kg/animal/día

Producción carne 6% AF PL= $2.18 \times 0.72 \times 63 = 99$ kg carne/ha

Producción carne 12% AF PL= $1.04 \times 0.65 \times 63 = 43$ kg carne/ha

Producción carne 6% AF CE= $2.13 \times 0.87 \times 63 = 117$ kg carne/ha

Producción carne 12% AF CE= $1.08 \times 0.86 \times 63 = 87$ kg carne/ha

Anexo 32: Ajuste de TB sin considerar valores de 0 cuando el animal no pastoreaba.

Manejo	Pastoreo libre		Con encierro	
	6	12	6	12
AF (kg MS/100 kg PV)	6	12	6	12
TB 0 horas (boc/min)	38 ^a	36 ^a	43 ^a	41 ^a
TB 3 horas (boc/min)	31	ne	33	29

ne: no estimado por el modelo