

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**ESTIMACIÓN DE CONSUMO EN VACAS MULTÍPARAS PURAS Y CRUZA
EN DOS ASIGNACIONES DE FORRAJE PARA DOS TIPOS DE SUELO EN
INVIERNO Y PRIMAVERA EN CAMPO NATURAL**

por

Sebastián AGUIRREZABALA YOUNG

Sebastián GAMBETTA MÜLLER

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2014

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Ana Espasandín

Ing. Quim. Horacio Heinzen

Ing. Agr. Diego Gimeno

Ing. Agr. Martin Claramunt

Fecha: 18 de diciembre de 2014

Autor: -----

Sebastián Aguirrezabala Young

Sebastián Gambetta Müller

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestras familias y amigos por su apoyo incondicional desde el inicio de nuestras carreras.

A nuestra tutora Ing. Agr. Ana Espasandín por su constante estímulo para nuestro crecimiento profesional y personal.

A Oscar Caceres, Victoria Cal y Paula Batista, por su apoyo en el trabajo de campo y al personal de la estación experimental Bernardo Rossengurt.

Al equipo de trabajo del Laboratorio de Farmacognosia de la Facultad de Química: Ing. Quím. Horacio Heinzen y Ing. Quím. Andrés Pérez quienes colaboraron en el desarrollo de la técnica y en la obtención de los resultados.

A la fuente de financiación: ANII fondos María Viñas.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	4
2.1 LA NUTRICIÓN EN LOS SISTEMAS PASTORILES.....	4
2.2 EL CONSUMO DE BOVINOS EN PASTOREO.....	4
2.3 FACTORES QUE AFECTAN LA FACILIDAD DE COSECHA.....	6
2.3.1 <u>Consumo en pastoreo</u>	7
2.3.2 <u>Comportamiento, intensidad de pastoreo y cambios en la pastura</u>	8
2.4 GRUPOS GENÉTICOS Y COMPORTAMIENTO EN PASTOREO.....	10
2.4.1 <u>Eficiencia del uso de la energía por grupos genéticos</u>	10
2.4.2 <u>Magnitud de la actividad de vacunos en pastoreo en la eficiencia energética</u>	12
2.4.3 <u>Factores que afectan los requerimientos energéticos del ganado en pastoreo</u>	13
2.4.3.1 Momento del día.....	14
2.4.3.2 Calidad y disponibilidad del forraje.....	14
2.4.4 <u>Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo</u>	15

2.5	MÉTODOS PARA ESTIMAR EL CONSUMO VOLUNTARIO DE FORRAJES POR RUMIANTES EN PASTOREO.....	19
2.5.1	<u>Contenido de N-alcenos en heces y forrajes</u>	20
2.5.2	<u>Uso de n-alcenos para estimar el consumo de forraje</u>	22
2.5.3	<u>Otros métodos para estimar el consumo de forraje</u>	22
2.5.3.1	Lignina purificada y enriquecida (LIPE).....	22
2.5.3.2	Óxido crómico.....	23
2.5.3.3	Fibra indigestible y cenizas insolubles.....	23
2.6	HIPÓTESIS.....	23
3	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	24
3.1	LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....	24
3.2	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	24
3.3	TRATAMIENTOS.....	26
3.4	CONDICIONES EXPERIMENTALES.....	28
3.4.1	<u>Condiciones edáficas</u>	28
3.4.2	<u>Resumen del comportamiento de las variables climáticas para las estaciones mencionadas 2011-12</u>	28
3.4.3	<u>Animales</u>	28
3.4.4	<u>Análisis de laboratorio</u>	29
3.5	DETERMINACIÓN DE CONSUMO MEDIANTE TÉCNICA DE N-ALCANOS.....	29
3.5.1	<u>Análisis estadístico</u>	30
4.	<u>RESULTADOS</u>	31

5.	<u>DISCUSIÓN</u>	37
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	42
7.	<u>RESUMEN</u>	43
8.	<u>SUMMARY</u>	44
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	45
10.	<u>ANEXOS</u>	54

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.		Página
1.	Heterosis para cruzamiento de razas británicas en características reproductivas encontrados en sistemas pastoriles.....	10
2.	Efecto de la actividad en el costo de mantenimiento del animal.....	17
3.	Proporciones del incremento en el gasto energético en diferentes situaciones de pastoreo.....	18
4.	Distribución de la asignación de forraje a lo largo del año en el experimento (kg MS/100 kg peso vivo/día).....	26
5.	Caracterización de los tratamientos experimentales durante el período de invierno.....	27
6.	Caracterización de los tratamientos experimentales durante el período de primavera.....	27
7.	Precipitaciones acumuladas (mm) y temperaturas medias (°C) durante los períodos experimentales: invierno y primavera.....	28
8.	Caracterización de los tratamientos experimentales durante el período de invierno.....	31
9.	Caracterización de los tratamientos experimentales durante el período de primavera.....	31
10.	Composición química de la pastura para cada asignación de forraje en primavera.....	32
11.	Composición química de la pastura para cada asignación de forraje en invierno.....	32
12.	Análisis de varianza para el consumo diario y los efectos fijos considerados.....	33
13.	Consumo diario según los distintos tratamientos.....	33

14.	Análisis de varianza para el consumo diario y los efectos fijos considerados.....	34
15.	Consumo diario según los distintos tratamientos.....	35
16.	Consumo en primavera y en invierno como estación con su error correspondiente.....	36

Figura No.

1.	Diagrama simplificado de la relación planta/animal.....	6
2.	Efecto de la madurez de la planta sobre el consumo de materia seca en distintas gramíneas según número de cortes.....	7
3.	Cambios en la eficiencia biológica para nueve grupos genéticos en diferentes niveles de ingesta de materia seca.....	11
4.	Diseño experimental bloque 1.....	25
5.	Diseño experimental bloque 2.....	25

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en Uruguay es uno de los rubros productivos más importantes, siendo el ganado vacuno el 6% del PBI total, representando un 16.8% de las exportaciones totales del Uruguay (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2012). A pesar de su limitada escala, el Uruguay se posiciona en el mercado como el séptimo exportador de carne bovina en el mundo, exportando el 70% de su producción predominantemente de las razas Hereford y Angus (de Mattos, 2011). La superficie dedicada a ganadería representa el 59,6 % (9.875.000 hectáreas) de la superficie total del país (16.420.000 hectáreas). Este valor aumenta al 82,4 %, cuando también se considera la superficie ganadera-lechera, agrícola-ganadera, arrocera-ganadera y lechera-ganadera. Desde 1998 hasta la fecha, se observa un crecimiento sostenido del stock bovino, el cual alcanzó 12 millones de cabezas (Montossi, 2013).

Con el mejor desempeño del sector en la última década, se han verificado mejoras en torno a la disminución de la edad de faena de novillos que junto a la edad de entore de las vacas y su porcentaje de parición, han llevado a un incremento en el nivel de extracción. La faena bovina viene creciendo sustancialmente desde el año 2001, alcanzando una faena de 2.4 millones de cabezas. Estos aumentos se basan en el descenso de la edad de faena de los novillos y en una mayor disponibilidad de vaquillonas que permitió aumentar las faenas de vacas, sin afectar el número de vacas entoradas (Montossi, 2013).

A los efectos de describir el proceso de producción de carne, se pueden distinguir tres fases: la cría, la recría y el engorde o invernada. Este proceso es a campo, a cielo abierto y la base de la dieta lo constituye el forraje proveniente de los pastizales naturales (Pigurina, 2000). La restricción en la oferta de forraje que ocurre durante el invierno en los pastizales nativos no permite satisfacer los elevados requerimientos nutricionales de vacas en gestación debido a una insuficiente ingestión de energía (Orcasberro, 2000). La cría se ha caracterizado por una baja eficiencia, puesta en evidencia por una avanzada edad de un 40 a 50% de las vaquillonas al primer entore (3 años), bajo porcentaje de procreo (63%), con un marcado descenso del mismo en vacas del segundo entore, sumado a un bajo peso de los terneros al destete (Montossi, 2013).

A partir del destete y de acuerdo al régimen de alimentación, se pueden distinguir: (a) la recría a campo, basada en pasturas naturales, (b) la recría mejorada, para lo cual existen variadas opciones tecnológicas, (c) la recría intensiva. Posterior a la recría estos novillitos se vinculan a sistemas de producción intensivos y muy intensivos, los cuales se basan en agricultura forrajera en rotación con arroz y cultivos, uso de reservas y medios o altos niveles de suplementación (Pigurina, 2000).

El proceso de cría es un proceso ineficiente desde el punto de vista biológico por la alta proporción de nutrientes que destina a mantenimiento, a pesar de ser altamente competitivo en la utilización de los recursos naturales de baja calidad, como lo es el campo natural (Simeone y Beretta, 2002). Muchos trabajos han intentado buscar una alternativa a las distintas problemáticas del proceso de cría, así como el destete precoz, el manejo de condición corporal, suplementación con concentrados y voluminosos, o pasturas mejoradas.

Los requerimientos nutricionales de las vacas gestantes son 25 a 30% mayores a los de una vaca seca (NRC, 2000), la vaca debe movilizar sus reservas corporales para satisfacer sus necesidades de mantenimiento y gestación debido a que le genera un balance energético negativo (Orcasberro, 1991).

A pesar de esto la cría se realiza en los peores campos con baja producción de forraje en el año con respecto a la recría y el engorde. Además en la actualidad esto es peor debido a que se realizan otros rubros competitivos con la ganadería en la misma superficie, como lo es la forestación y la agricultura, que con el tiempo van desplazando a la ganadería a zonas aún más marginales de producción y que para competir, la cría debe ser más eficiente (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2012).

Es así, que todas aquellas tecnologías capaces de mejorar la eficiencia de la cría se han podido adoptar en los sistemas de producción rápidamente. Existen dos grandes vías para el mejoramiento genético animal, las cuales son la selección y los cruzamientos. Algunos trabajos en el exterior del país han intentado reducir la energía de mantenimiento a través de la selección indirecta de variables correlacionadas. Deduciendo que si la energía de mantenimiento es menor, los animales serán más eficientes por una mayor proporción de la energía consumida a través del alimento será expresada como mejores indicadores productivos y reproductivos. La utilización de cruzamientos es una alternativa para obtener mejores resultados que en razas puras, por explotar el vigor híbrido en los individuos cruzas.

Existen muchos ensayos y pruebas científicas sobre otras especies de animales en los cuales se pueden seleccionar individuos más eficientes, con menor energía de mantenimiento. Algunos de estos ensayos son sobre perros, ratones, ovinos y bovinos, Frisch y Vercoe (1977) señalaron que algunas razas/animales es probable que tengan diferentes capacidades para adaptarse a entornos cambiantes o los niveles de alimentación, esto influiría en la variación de los requerimientos de mantenimiento.

Se hablará de consumo como una variable que abarca la energía y sus componentes. Se entiende que es un escalón menos específico pero que es de gran importancia en la producción animal. Las variables que afecten la energía influyen de una u otra forma en el consumo.

Solis et al. (1988) reportaron diferencias entre razas en los requerimientos de energía para mantenimiento entre Jersey, Holstein, Brahman, Hereford y Angus. Los sistemas de apareamiento diseñados para utilizar entre y dentro de las razas, se diferencian en el gasto energético para el mantenimiento y ofrecen una oportunidad para mejorar la eficiencia energética.

En función de lo expuesto este trabajo tiene el objetivo de determinar el consumo en pastoreo de vacas puras (Hereford y Angus) y cruza F1 en pastoreo de campo natural en dos ofertas de forraje (alta y baja).

1.1. OBJETIVOS

Estimar el consumo diario de forraje en vacas de cría puras y cruza, en pastoreo de campo natural con diferentes disponibilidades de forraje y en distintos momentos del año (invierno-primavera), mediante la técnica de n-alcanos.

Comparar el consumo diario de forraje en vacas de cría puras y cruza en pastoreo de campo natural, en dos ofertas de forraje y dos momentos del año (invierno-primavera).

Comparar el consumo diario de forraje en vacas de cría Angus, Hereford y F1.

Comparar el consumo diario de forraje según el tipo de suelo (Bloque) en el que pastorean los animales.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LA NUTRICIÓN EN LOS SISTEMAS PASTORILES

La alimentación es una actividad compleja que incluye actividades como la búsqueda de alimentos, el reconocimiento de los mismos y los movimientos necesarios para alcanzarlos, la valoración sensorial, la iniciación del consumo y la deglución. En el tracto digestivo, los alimentos son digeridos y los nutrientes, absorbidos y metabolizados. Todas estas actividades y procesos pueden afectar el consumo de alimentos a corto plazo (Mc Donald et al., 1999).

En países como el nuestro, las pasturas constituyen la fuente de alimentación más barata para los rumiantes, por lo cual, es fundamental potenciar su productividad y la eficiencia con que el forraje es cosechado por los animales y transformado en producto final (carne, leche, lana). En términos generales el aumento de la producción animal por unidad de superficie puede lograrse a través del mejoramiento de variables como la productividad de las pasturas, optimización de la eficiencia de cosecha del pasto producido, ajuste de la oferta forrajera y requerimientos del rodeo, mantenimiento de la composición botánica deseada de la pastura y de la calidad nutricional de la pastura (Cangiano, 1997).

2.2. EL CONSUMO DE BOVINOS EN PASTOREO

El consumo es un factor muy importante que afecta a la producción de carne y leche. Hay varios mecanismos que regulan el consumo voluntario de forraje en condiciones de pastoreo. El componente “planta” puede ser expresado en términos de cantidad de forraje disponible (por animal o por hectárea), y en términos del carácter del forraje disponible. El carácter influye aquellos factores que afectan la calidad potencial, como la composición química, las características estructurales y forma de presentación del forraje al animal. En el componente “animal”, y de acuerdo a las distintas limitantes del consumo, intervienen distintos “mecanismos”.

El mecanismo de bocados presenta un límite superior para el número y peso de bocados. El mecanismo de distensión asume un límite de llenado ruminal, el que, cuando es alcanzado, determina el consumo por el tiempo de retención. Este tiempo de retención depende de las tasas de digestión y de pasaje. El mecanismo metabólico asume un límite superior en el consumo de energía digestible, el que, cuando es alcanzado, determina el consumo por la concentración de energía digestible de la dieta (Cangiano, 1997).

El consumo diario de forraje puede analizarse como el producto de tres variables: el forraje consumido en un bocado, la tasa de bocados durante el pastoreo y el

tiempo diario de pastoreo. El comportamiento ingestivo en pastoreo depende de las reacciones del animal a las variables de la interfase de aquel con la planta, afectando el consumo (Galli et al., 1996).

La ingestión de forraje se encuentra influenciada por características intrínsecas y extrínsecas de la pastura. Las primeras están determinadas por la composición química y las segundas por la disponibilidad por área y por animal (Durán, 1982).

En pasturas de baja y media calidad el consumo estaría regulado fundamentalmente por controles físicos, mientras que en pasturas de muy buena calidad el control sería fundamentalmente metabólico (Galli et al., 1996).

El ganado mantiene su preferencia por abundante forraje independientemente de su calidad y son compensadas las fluctuaciones de búsqueda y accesibilidad con el tiempo de pastoreo y la tasa de bocados. Sin embargo, cuando la accesibilidad de forraje disminuye por debajo de un límite, los animales cambian su dieta eligiendo forraje de mejor calidad (Ginane et al., 2003).

Este comportamiento adaptativo es válido en cualquier estación del año; los animales incrementan el tiempo de pastoreo y de la tasa de bocado en respuesta a cambios en los parámetros de la pastura (Funston et al. 1991, Realini et al. 1999).

Pastoreo se puede definir como el proceso de defoliación de las plantas por los animales en una pradera, atribuyéndose la defoliación al proceso en el cual se da la remoción completa o parcial de la parte superior de la planta viva o muerta, por parte de los animales en pastoreo (Gregorini, 2007).

El tiempo que el animal invierte en pastorear (comer) está influenciado por:

1. - Los requerimientos del animal.
2. - La cantidad de forraje.
3. - Calidad del forraje.
4. - Clima.
5. - La velocidad (tasa) a la cual el animal come.
6. - Otros.

Los factores que afectan el tiempo de pastoreo no son excluyentes, por ejemplo la velocidad a la cual el animal come, es afectada por la calidad y la cantidad de forraje (Ibarra, 2007).

En general las vacas pasan menos tiempo pastoreando en el verano, cuando la calidad del forraje es baja, en comparación con el invierno y la primavera (Brosh et al., 2006).

La sesión de la tarde prevalece sobre la mañana (Gibb et al., 1997); durante la tarde se encuentran tendencias a maximizar la cosecha de forraje, coincidiendo con sesiones de pastoreo más extensas, derivando en aumentos en la tasa de consumo y de bocados (Gibb et al., 1998a).

2.3. FACTORES QUE AFECTAN LA FACILIDAD DE COSECHA

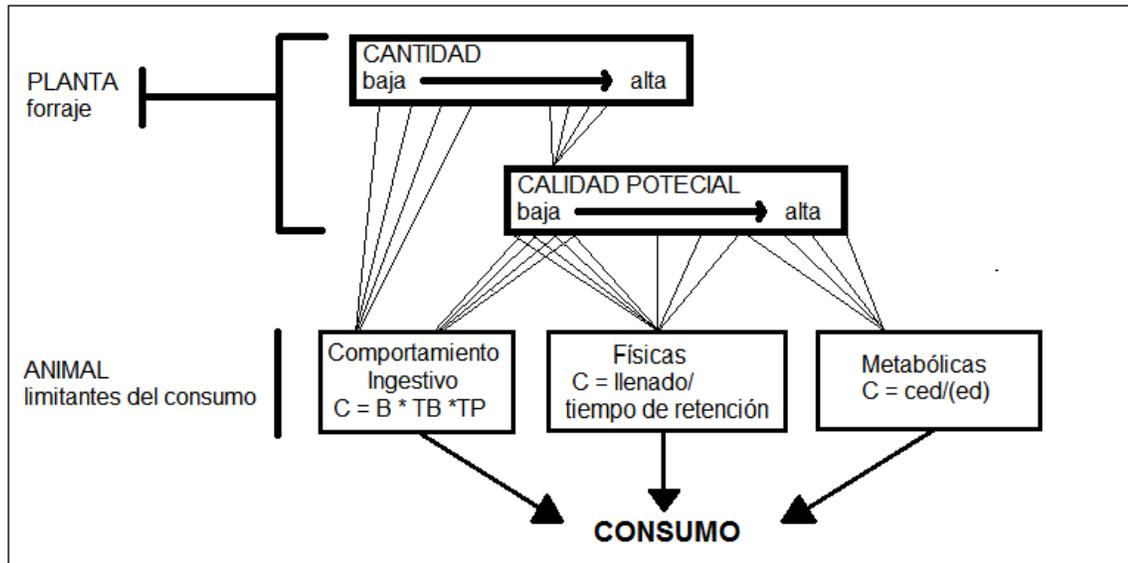


Figura 1. Diagrama simplificado de la relación planta/animal (C = consumo; B = peso de bocado; TB = tasa de bocado; TP = tiempo de pastoreo; ced = consumo de energía digestible; [ed] = concentración de energía digestible, Cangiano, 1997).

La figura 1 sugiere que cuando la cantidad de forraje es lo suficientemente alta, el carácter del forraje determina el consumo a través de la distensión ruminal o, cuando el forraje es de muy alta calidad, a través del mecanismo metabólico. En el caso inverso cuando la cantidad de forraje es baja, el carácter del mismo puede tener poco o nada de efecto sobre el consumo. En esta condición, el consumo es afectado por el comportamiento ingestivo del animal a través de limitaciones en el peso del bocado, la tasa de bocado y/o el tiempo de pastoreo. Este tipo de limitaciones también podría darse en condiciones de alta cantidad de forraje, pero de baja disponibilidad efectiva o accesibilidad.

El consumo de forraje por parte de animales en pastoreo está determinado por factores relacionados con el animal, la pastura, el manejo y el ambiente. Con respecto al animal, se pueden citar la edad, el peso, el estado de preñez o de lactancia, el nivel de producción y la condición corporal; con respecto a la pastura la digestibilidad, la composición química, las especies, la cantidad de forraje y madurez; con respecto al manejo, la cantidad de forraje por animal y por día, la suplementación, la fertilización y

el sistema de pastoreo; y, con respecto al ambiente, la temperatura, la humedad, el fotoperiodo, la velocidad del viento, etc.

El consumo es limitado generalmente por la tasa de ingestión, siendo las tasas de digestión y metabolismo de menor importancia. Las especies de regiones templadas tienen en general una digestibilidad alta (70%) en primavera, disminuyendo en el verano. El avance de la madurez de la planta afecta negativamente, en mayor o menor grado, el consumo de materia seca.

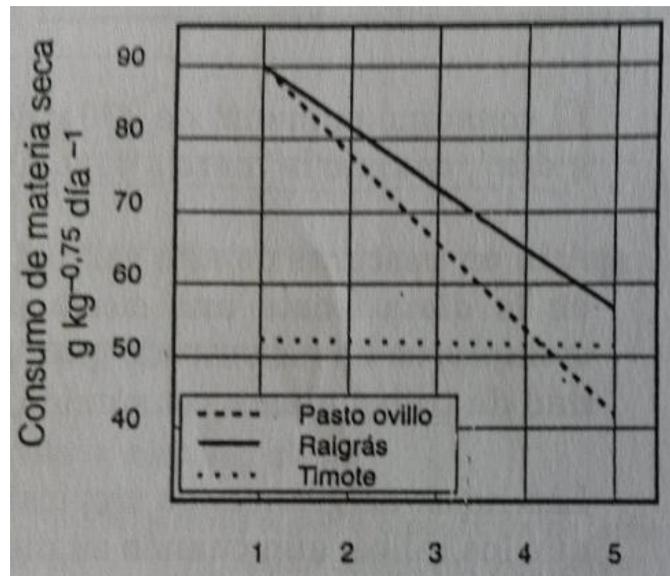


Figura 2. Efecto de la madurez de la planta sobre el consumo de materia seca en distintas gramíneas según número de cortes (adaptado de Ulliyat por Cangiano, 1997).

Un contenido de agua alto o, lo que es equivalente, una baja proporción de materia seca afectan negativamente el consumo. El valor a partir del cual se puede esperar este efecto se ubicaría alrededor del 18-22% de materia seca (Verité y Journet 1970, John y Ulyatt 1987, Cangiano 1997).

2.3.1 Consumo en pastoreo

La relación entre consumo de materia seca y cantidad de forraje describe una línea curva que tiende asintóticamente a un máximo. Esta curva se puede distinguir una parte ascendente que es donde el consumo es limitado por factores no nutricionales; tiempo de pastoreo, tasa de bocado y el peso de bocado, y es afectado a través de la selección de la dieta y de la estructura de la pastura. En esta parte de la curva el consumo es muy sensible a cambios en la fitomasa, oferta de forraje y altura, de manera que pequeñas variaciones en cualquiera de estas tendrá gran efecto en la producción animal. En la parte asintótica de la curva, los factores nutricionales como la digestibilidad, el

tiempo de retención en el rumen y la concentración de productos metabólicos son de importancia en el control de consumo, considerando que la disponibilidad de forraje no es limitante (Cangiano, 1997).

El peso de bocado es la variable del comportamiento ingestivo que mayor efecto tiene en el consumo. En pastura de gramíneas de zonas templadas, la altura de forraje parece ser la característica que mayor incidencia tiene sobre el peso de bocado (Hodgson, 1990).

Laca et al. (1992) demostraron que en novillos, el peso del bocado fue afectado por la altura y por la densidad de la pastura. Frente a una misma fitomasa, los novillos obtuvieron bocados más pesados en pasturas altas y ralas que en cortas y densas.

Según Hendriksen y Minson (1980) tanto los bovinos como los ovinos prefieren las hojas a los tallos y materiales verdes y/o jóvenes antes que los tejidos muertos o maduros. Cuando existe un exceso de forraje con respecto a la demanda del animal y hay heterogeneidad, ya sea en atributos estructurales o de valor nutritivo, los animales tienen oportunidad de seleccionar, cosechando algunas partes de la planta y rechazando otras.

2.3.2. Comportamiento, intensidad de pastoreo y cambios en la pastura

A medida que transcurren los días de ingreso a un potrero las características físicas de las plantas se ven modificadas y por ende se ve afectado el consumo en forma directa a través del peso y tasa de los bocados, e indirectamente a través del tiempo de pastoreo. Estas características son el principal factor determinante de los cambios en el consumo y la selectividad en el corto plazo. Ante una reducción en la altura de pastoreo y/o incremento de los requerimientos, el mecanismo de compensación empleado para lograr igualar la cantidad de forraje consumido, resulta en un incremento del tiempo dedicado al pastoreo (Gibb et al., 1999).

Hejmanova et al. (2009), estudiaron los patrones estacionales del comportamiento ingestivo en vaquillonas de razas carniceras, confirmando que en distintas intensidades de pastoreo, los animales equilibraron la ingesta mediante un aumento en el tiempo dedicado al pastoreo y una disminución en la tasa de bocados, a medida que las pasturas perdieron su calidad debido a la época del año (disminución de la tasa de crecimiento y aumento de fibra bruta).

Estos autores señalaron al igual que Allden y Whittaker (1970), Forbes (1988), que en la parte inferior de la pastura, la cantidad de forraje que se cosecha por bocado es menor, aumentando en consecuencia la tasa de bocados. Asimismo se advierte que las

partículas del forraje permanecen durante más tiempo en la masticación antes de ser digeridas por el animal.

La investigación ha demostrado que, en virtud de la disminución de la disponibilidad de forraje el tiempo de pastoreo aumenta (Allden y Whittaker 1970, Stobbs y Chacón 1976, Jamieson y Hodgson 1979, Holmes 1983, Scarnecchia et al. 1985).

Cuando se alcanzan niveles críticos de disponibilidad de forraje y los requerimientos animales son muy elevados, no existen adaptaciones posibles, y el animal tiende a detener el pastoreo al detectar una relación desfavorable entre costo de cosecha y consumo de energía (Rook et al., 1994).

En pasturas limitadas en disponibilidad se comprobaron menores tiempos de descanso acompañados de pastoreos más prolongados (Dulphy et al., 1980).

La baja calidad de la pastura disponible es otro factor que disminuye el tiempo de pastoreo; esta limitante del forraje dificulta la aprehensión del material verde por los animales desestimulando el pastoreo (Patiño et al., 2003).

Estos resultados concuerdan con los reportados por Chacon y Stobbs (1976), Hendricksen et al. (1980), quienes establecieron que una defoliación progresiva con su consecuente reducción en la cantidad de hojas verdes, provocan una disminución del apetito y reducción en el tamaño de bocado y tiempo de pastoreo.

Según Penning et al. (1991), el tiempo de pastoreo aumenta hasta su estabilización en pastoreo rotativo, en tanto aumenta progresivamente cuando es continuo, a medida que disminuye el peso de hojas verdes y se reduce la altura de la pastura. A partir de 1000 kg de MS/ha, disminuye el tiempo de pastoreo y la rumia en ambos sistemas de pastoreo.

En moderadas presiones de pastoreo, el tiempo total destinado a la cosecha del forraje es en general mayor que ante menores presiones (Huber et al., 1995), mientras que en altas presiones el tiempo efectivo de pastoreo se reduce (Hepworth et al., 1991), a causa del tiempo destinado a la búsqueda de alimento.

Con alturas superiores en la pastura se cosechan mayores masas en cada bocado debido a una mayor accesibilidad al alimento (Wade et al., 2001).

En una defoliación progresiva, a medida que disminuye la cantidad de forraje disponible también lo hace el contenido de hojas. En consecuencia, la dieta colectada resulta más fibrosa. Sin embargo, la cantidad de forraje consumido no es suficiente

como para producir llenado ruminal y así regular el consumo de alimento. En este caso la tasa de consumo, y finalmente la ingesta diaria, dependerán fundamentalmente de las características estructurales de la pastura y de la capacidad de cosecha del animal (Galli et al., 1996).

2.4. GRUPOS GENÉTICOS Y COMPORTAMIENTO EN PASTOREO

2.4.1. Eficiencia del uso de la energía por grupos genéticos

En el uso de la energía con vacas de cría la superioridad en cuanto a la productividad de las vacas cruzas ha sido documentada por trabajos extranjeros y nacionales (Morris et al. 1987, Espasandín et al. 2006). En el cuadro 1 se presentan los resultados reportados.

Cuadro 1. Heterosis para cruzamiento de razas británicas en características reproductivas encontrados en sistemas pastoriles.

Característica	Heterosis NZ (%)	Heterosis Uruguay (%)
Preñez (%)*	10	
Parición (%)*	13	14
Destete (%)*	15	
Sobrevivencia de la vaca	10	
Peso al destete**	7-11	
Intervalo entre partos (%)***		14
Kilos de ternero destetado (%)***		14

*Cruza recíproca AA*HH.

**Como característica de la madre.

***Experimento dialéctico EEER (Periodo 1993-2003) (Espasandín et al., 2006).

Fuente: en Nueva Zelanda, Morris et al. (1987), en Uruguay, Espasandín et al. (2006).

El empleo de vacas cruzas mejora la producción física hasta en un 30% en la vida útil de la vaca sin incrementar los costos de producción (Morris et al., 1987).

Pereira y Leiras (1991) afirman que existen diferencias entre razas, con relación al comportamiento ingestivo, según su adaptabilidad climática. Estas diferencias se hacen más relevantes cuando se comparan razas pertenecientes a los grupos *Bos taurus* y *Bos indicus*. Según estos autores, bovinos *Bos indicus* pastorean por más tiempo en zonas de temperaturas altas y también se desplazan mayores distancias.

Sprinkle et al. (2000) concluyeron que el comportamiento ingestivo es afectado por el tamaño del tracto gastrointestinal, acumulación de calor durante el día y por la

necesidad de completar las reservas de grasa, ellos encontraron una relación lineal entre la tasa de bocados y la condición corporal, cuando compararon animales de diversos grupos raciales en épocas con temperaturas diferentes. Los grupos raciales incluían cruces de razas cebuinas con taurinas.

Por su parte Velásquez, citado por Patiño et al. (2008), realizó estudios en Florida (USA), comparando los tiempos dedicados a la actividad de pastoreo por parte de varios grupos raciales, y observó que animales de la raza Senepol pastorearon por más tiempo (450 minutos) que animales de la raza Aberdeen Angus (420 minutos) y Romosinuano (390 minutos), indicando que existen diferencias entre grupos, las cuales pueden influenciar el manejo dado a cada uno.

En cambio en las razas Red Poll y Aberdeen Angus, los niveles reproductivos encontrados fueron superiores a niveles de MS restrictivos (58 gr. MS/W0.75), obteniendo así mejores eficiencias. Mientras el ambiente mejoraba con el aumento en la disponibilidad de alimento, su actividad reproductiva se hacía comparable al de las otras razas. En cambio la eficiencia biológica disminuía porque el potencial genético para crecimiento del ternero, era menor que para los otros grupos genéticos (Jenkins y Ferrell, 1994).

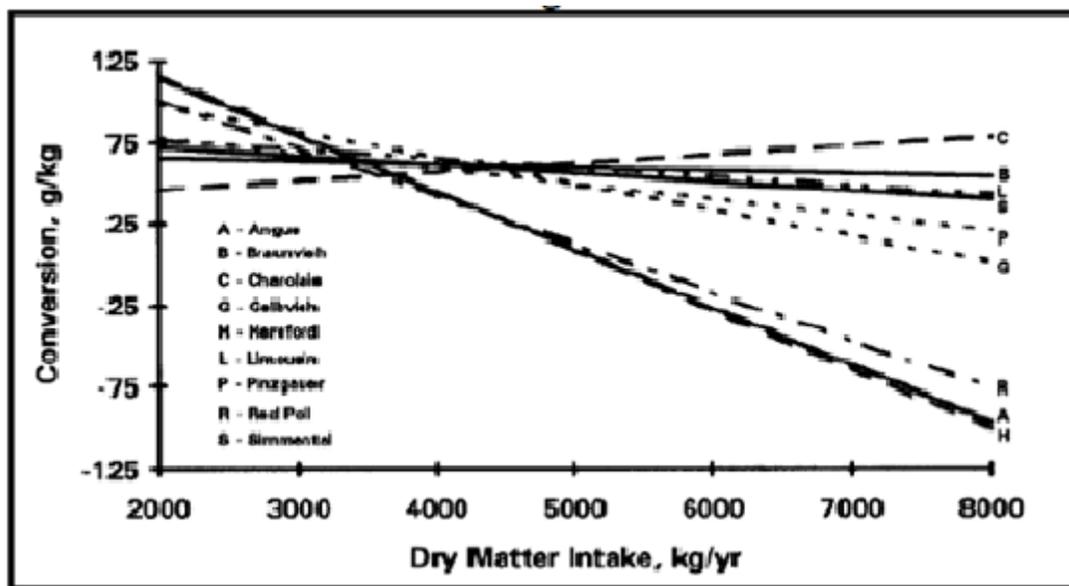


Figura 3. Cambios en la eficiencia biológica para nueve grupos genéticos en diferentes niveles de ingesta de materia seca (Jenkins y Ferrell, 1994).

Patiño et al. (2008), trabajando con novillos pertenecientes a tres grupos genéticos: cebú colombiano (CC); Cruce de cebú colombiano por Aberdeen Angus negro (CA) y novillos mestizos (DP), resultantes del sistema de doble propósito del

Caribe Colombiano, pastoreando campo natural en dos época climáticas (lluvia y sequia) reportaron el tiempo medio dedicado al pastoreo diurno (6am-6pm), de 7,4 horas, presentando diferencias biológicamente importantes entre todas las razas ($p < 0,001$). Estos autores resaltaron que los animales del grupo CC presentaron los mayores tiempos de pastoreo en las dos épocas (490 minutos en la época seca y 398 minutos en la de lluvias) en tanto los animales CA presentaron los menores tiempos de pastoreo en las dos épocas (439 minutos en la época seca y 375 minutos en la lluvia).

Funston et al. (1991) reportaron el comportamiento en pastoreo de ganado de carne en diferentes grupos genéticos pastoreando campo natural. El tiempo medio dedicado al pastoreo fue de 11.9 h/d con una desviación estándar de 1,1 h/d, sin diferencias biológicamente importantes entre razas, tendiendo a pastorear más las vacas cruza AH (50% Angus - 50% Hereford) con respecto a las puras HH (Hereford), SH (50% Simental - 50% Hereford)) y cruza (SH). Lathrop et al. (1988) encontraron pocas diferencias significativas en tiempo de pastoreo diario utilizando los mismos tipos raciales.

Mezzadra et al. (1999), evaluaron diferentes biotipos entre los que se contaron al Angus (A), Hereford (H) y sus F1, con el mismo alimento y cantidad de alimento suministrada. La heterosis individual encontrada en los individuos F1 A x H y recíprocos, fue del 6.2% para el Peso Final. Fue también significativa la heterosis mostrada en la tasa de engrasamiento, pero en este caso la magnitud fue muy importante: 24.9%.

Gimeno et al. (2002), evaluaron los cruzamientos de todas las razas más representativas de Uruguay, y encontraron que los cruzamientos para la producción de carne vacuna, han demostrado su efectividad en aumentar la eficiencia de producción, a través del uso de la heterosis, o bien una mejora en la calidad del producto a través de la complementariedad de las razas. Demostrando que en razas cruza los pesos al destete resultaron menores que en razas puras, así también mejoró la eficiencia con otras características como facilidad de parto, peso al destete. Estos trabajos demuestran que los individuos cruza tienen mejoras en su eficiencia con respecto a sus respectivos puros.

2.4.2. Magnitud de la actividad de vacunos en pastoreo en la eficiencia energética

La rentabilidad de los establecimientos basados en un sistema pastoril está relacionada con su productividad por unidad de superficie. La productividad es determinada, entre otros factores, por la eficiencia con la cual el animal cosecha el forraje.

La eficiencia puede definirse como los nutrientes consumidos por unidad de producto generado (alimento a ganancia de peso). Los costos incurridos en este proceso que no se traducen en productos son fuentes de ineficiencias.

Los nutrientes consumidos por el ganado suministran los requerimientos de mantenimiento y producción. La energía, uno de los nutrientes críticos para el ganado en pastoreo, es suministrada por los productos finales de la fermentación y absorción de los nutrientes. La energía es utilizada para mantener la temperatura corporal, se pierde como calor de fermentación, o es utilizada mientras se desempeña un trabajo (ejemplo: caminar). Un balance energético es el resultado de la diferencia entre los insumos (consumo de energía) y los productos (gasto de energía). Cuando es positivo, puede resultar en una ganancia de peso corporal y/o una mejora en la producción y reproducción. Un balance energético negativo, por otro lado, puede disminuir la producción y/o la condición corporal y por último afectar la fertilidad (García, 2007).

La actividad de los animales en pastoreo (cosecha de forraje y caminata), puede aumentar significativamente el costo de mantenimiento de los mismos, y se considera que la caminata es la variable que más incidencia tiene en dicho costo (Di Marco y Aello, 2003).

La caminata del animal durante el pastoreo diario o el desplazamiento entre distintos potreros y las fuentes de abrevado representan un gasto de energía. La distancia que el ganado recorre en el día varía tanto dentro de un día como entre días para un establecimiento en particular y está por lo general relacionada a la disponibilidad y/o accesibilidad de la pastura. Los ruminantes tratan de mantener un equilibrio entre el consumo de alimento y sus requerimientos de energía. La distancia recorrida por el ganado en pastoreo es determinada por una combinación de características intrínsecas del animal y decisiones de manejo (García, 2007).

2.4.3. Factores que afectan los requerimientos energéticos del ganado en pastoreo

Los aspectos de comportamiento del pastoreo han sido definidos como pastoreo “intenso” o “de búsqueda”. En el pastoreo “intenso”, observado a menudo cuando el forraje de buena calidad está fácilmente disponible, es caracterizado por varios bocados sin moverse a una nueva estación de alimentación. El comportamiento de pastoreo de búsqueda consiste en unos pocos bocados en una estación de alimentación para luego movilizarse a otra y se ve por lo general con forraje de baja calidad/disponibilidad hacia el fin de un episodio de pastoreo. La actividad de pastoreo puede aumentar cuando se ofrece un nuevo potrero o una franja de pastura nueva (García, 2007).

La necesidad de agua debe ser balanceada contra la energía que el animal obtiene de la pastura disponible y la energía que gasta mientras camina para cosechar esa pastura (García, 2007).

2.4.3.1. Momento del día

A medida que disminuye la digestibilidad del forraje el ganado debe rumiar más lo cual resulta en una disminución del tiempo empleado en pastorear. El momento del día en el que ocurren las mayores actividades de pastoreo es determinado por el clima y en particular la temperatura ambiente.

Con temperaturas ambientes cercanas a la zona de termo-neutralidad del ganado el pastoreo ocurre predominantemente durante el día. Durante los días calurosos del verano hay un cambio en los hábitos de pastoreo predominando la actividad al amanecer, atardecer y durante la noche. El pastoreo nocturno es realizado en un área cercana adónde finalizó el de la tarde ya que hay poco pastoreo direccional durante la noche.

Durante el tiempo frío, la mayor parte del pastoreo ocurre durante las horas del día con un aumento de la actividad particularmente durante la tarde cuando está más templado. Bajo condiciones de clima frío extremo el animal compara fisiológicamente el costo energético de desplazarse con aquel de la energía empleada en cosechar la cantidad limitada de forraje disponible. Es posible que a pesar de los mayores requerimientos energéticos debidos al clima, el animal escoja conservar la energía permaneciendo sin desplazarse que ir en búsqueda de una cantidad de forraje limitada y muy probablemente de baja calidad (García, 2007).

2.4.3.2. Calidad y disponibilidad del forraje

Con densidades de pastura más bajas se incrementa el tiempo de pastoreo, por lo tanto los animales necesitan caminar más para cubrir sus requerimientos nutricionales. El gasto de energía puede por lo tanto ser superior a la ventaja de seleccionar forraje de alta calidad. La disponibilidad, si bien no afecta directamente la calidad, va a afectar la eficiencia de utilización.

Cuando la carga animal por día es muy alta el ganado está presionado a pastorear más cerca de la tierra. La calidad, y por lo tanto la energía suministrada por el forraje disminuye pero también el gasto de energía debido a la actividad se vuelve menos importante. El aumento en la carga animal puede también inducir más comportamientos de dominancia, lo cual puede modificar el consumo de alimento. Cuando la disponibilidad de forraje disminuyó de 500 lb/acre la tasa de consumo aumentó en 4 veces y se duplicó el tiempo empleado en pastoreo (García, 2007).

2.4.4. Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo

La actividad de pastoreo puede aumentar los requerimientos de energía de los animales en pastoreo en comparación con los de animales confinados de un estatus similar. Los cálculos publicados de tales aumentos van desde leves (Di Marco y Aello, 1998) a un aumento del 50% (Osuji 1974, Havstad y Malechek 1982).

Osuji (1974) por su parte, sugiere que las actividades en la pastura pueden aumentar los requerimientos de energía de los rumiantes de 25 a 50% por encima con respecto a la de animales confinados y que una parte importante del incremento de la colecta de forraje se debe atribuir al costo de caminar y trasladarse.

Blaxter (1967), sugirió que los requerimientos animales se incrementan de un 11 a un 15% por pastorear en ganado ovino y vacuno respectivamente, a nivel de mantenimiento.

Di Marco y Aello (1998) concluyen que el costo energético del caminar al pastorear podría tener sólo un efecto menor sobre las necesidades de energía en el ganado a pastoreo.

En animales caminando 1 km de distancia sobre cinta transportadora, el costo de mover 100 kg. de peso es de 50 kcal. relativamente constante entre especies, y variando entre 45 a 60 Kcal (valores dentro de este rango son utilizados por normas inglesas y australianas de alimentación, Di Marco y Aello, 2003).

Brosh et al. (2006) en un estudio con vacas de carne en pastoreo exploraron la posibilidad de determinar el gasto de energía (EE) de pie, caminando, y en pastoreo en relación con el mantenimiento, por medio de un seguimiento continuo de la EE, la ubicación, y la actividad por el método del ritmo cardíaco, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y sensores de movimiento en los mismos.

Los costos energéticos estimados por estos autores acerca de las actividades de vacas de cría en pastoreo en diferentes estados reproductivos fueron de 38 a 74 kJ. / (MBW*d) (MBW= peso metabólico, d= distancia recorrida) en las diversas combinaciones de meses y cargas que corresponden del 8,5 al 16,5% de los costos totales de energía por encima de los requerimientos de mantenimiento, que se supone que es de 450 kJ. / (MBW*d) en confinamiento. Los movimientos horizontales y verticales de las vacas diariamente registrados en este experimento variaron desde 1,5 a 4,2 km y desde 75 hasta 174 metros respectivamente.

En estudios con cabras (Lachica et al., 1997) y con cerdos (Lachica y Aguilera, 2000), los costos de energía por metro de desplazamiento vertical se estima que es alrededor de 10 veces mayor que los de desplazamiento horizontal.

Dentro de un día, el tiempo dedicado a trasladarse (sin pastorear) por los animales reportado por Brosh et al. (2006), varió desde 0 a 32 minutos, y el tiempo de pastoreo varió desde 4.4 hasta 12.1 horas. Estimando en promedio que el costo de la actividad de pastoreo fue de 6,14 J. / (kg. de BW^{0.75}*metro), y el de la locomoción durante el pastoreo fue de 6,07 J. / (kg. ofBW^{0.75}*m.), que están de acuerdo con los valores que han sido obtenidos para los animales y los seres humanos por medio de una cinta de correr.

Todos los costos de las actividades, en conjunto, representaron del 5,8 al 11,4% del gasto energético diario a través de las estaciones y los tratamientos y esta proporción aumentó con la disminución de la calidad del forraje. Las vacas respondieron a la disminución de la calidad del forraje, disminuyendo el tiempo de pastoreo y el gasto de energía.

El costo del movimiento horizontal, en un promedio de más de 5 min durante el día, se estima en 0,836 kJ*m⁻¹*MBW⁻¹ por cada 5 min, la transformación de este valor a costo de energía por metro da un valor de 2,90 J / (MBW*m) (Brosh et al., 2006).

Sin embargo en Balcarce, Di Marco y Aello (2003), han estimado con la técnica de radiocarbono, que el gasto energético de la caminata en terrenos planos es de 9 kcal/km/100 kg de peso y en pendiente de 16 kcal/km/100kg.

Aceptando el gasto de energía postulado por Di Marco y Aello (2003), de 9 y 16 Kcal/km/100kg peso, la energía para mantenimiento solo aumentaría del 3 al 5% en animales que caminan en terrenos planos y quebrados respectivamente.

Por otra parte, la demanda extra de energía por caminar podría compensarse con aumentos de consumo de 100 a 200 gr. de materia seca por día.

Los valores de estimaciones hechas en Balcarce concuerdan con los trabajos que no le asignan mayor importancia a la caminata desde el punto de vista productivo (Thomson y Barnes, Lamb et al., Nicholson, citados por Di Marco y Aello, 2003).

Resultados obtenidos en Balcarce con la técnica de radiocarbono, demuestran que el aumento del costo energético de mantenimiento en pastoreo depende fundamentalmente de las condiciones en que se realiza el mismo (duración y frecuencia de bocados). En el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos en Balcarce por Di Marco y Aello (2003), para diferentes situaciones de pastoreo.

Cuadro 2. Efecto de la actividad en el costo de mantenimiento del animal.

Pastoreo		Distancia (Km)	Velocidad (Km/h)	Topografía	Mantenimiento (% de aumento)
Horas	Frec. bocado				
8	Moderada	5	1-2	Llano	8
8	Moderada	5	2	Pendiente	10
10	Moderada	8	2	Llano	12
8	Alta	5	2	Llano	18
10	Alta	8	2	Llano	27

Fuente: Di Marco y Aello (2003).

Como se puede observar el principal efecto de la actividad es debido al costo energético del pastoreo a altas tasas de bocados. La velocidad, distancia recorrida y pendiente, así como el pastoreo a moderadas tasas de bocado tienen una baja incidencia en el costo de mantenimiento de los animales en pastoreo.

En pasturas donde hay severas limitaciones el consumo de forraje debido a la baja disponibilidad y altura, o a una estructura poco favorable de la masa forrajera, el costo de cosecha de forraje puede aumentar considerablemente el costo de mantenimiento (20 a 25%), y la cantidad de alimento extra requerido para compensarlo.

En este caso si los animales no pueden compensar con un mayor consumo, que se estima en 700 y 1200 g. MS/día, según la calidad de las pasturas y peso de los animales, el gasto energético extra afectaría considerablemente la producción.

Por lo tanto, las prácticas de manejo que posibiliten el mejor control de la altura disponibilidad y/o estructura de la pastura, reducen el tiempo de pastoreo y la frecuencia de bocados disminuyendo el costo extra de mantenimiento de los animales.

Es decir que el aumento del costo energético de mantenimiento depende más de las condiciones en que se realiza el pastoreo que de la caminata *per se* (Di Marco y Aello, 2003).

En el cuadro 3 se presentan las proporciones del incremento por el aumento del gasto energético por actividad de un vacuno en pastoreo que camina 6 km. /día, en función del tiempo de pastoreo y la disponibilidad de la pastura.

Cuadro 3. Proporciones del incremento en el gasto energético en diferentes situaciones de pastoreo.

Efecto	Pastoreo 8 hs/día alta disponibilidad	Pastoreo 8 hs/día baja disponibilidad	Pastoreo 10 hs/día baja disponibilidad
Incremento total por actividad (pastoreo + caminata)	9 %	20 %	25 %
Proporción del incremento total que corresponde a:			
Pastoreo	60 %	80 %	85 %
Caminar	40 %	20 %	15 %

Fuente: Di Marco y Aello (2003).

De estas estimaciones los autores desprenden:

- El caminar 6 km/día incide en forma mínima en el costo de mantenimiento del animal, con lo cual variaciones en más o menos de la distancia recorrida, dentro de un rango razonable, tienen un impacto de escasa magnitud en el mismo.

- La condición de la pastura es el principal factor que explica la demanda extra de energía para el mantenimiento. En pasturas de buena condición, dicha demanda también es de escasa magnitud. En cambio, en pasturas de mala condición, el costo extra para cosecha del forraje puede ser importante y afectar negativamente a la producción.

- Los datos obtenidos en Balcarce muestran que el gasto extra de energía por caminar es bajo. Puede ser compensado con un ligero aumento del consumo y por lo tanto, no podría afectar la producción, lo cual concuerda con los trabajos que han medido directamente el efecto de la actividad sobre la producción de carne o leche.

- Conviene señalar que, en algunos casos, la caminata no solamente no ha afectado la producción, sino que, por el contrario, ha mejorado la eficiencia de la alimentación y la performance reproductiva de los animales.

- En virtud a todo lo anterior se deduce que las prácticas de manejo destinadas a reducir la caminata no producirían un ahorro de energía suficiente como para mejorar la producción de carne o leche en forma directa. Pueden resultar beneficiosas si tales prácticas implican, por ejemplo, un mejor uso de la pastura.

2.5. MÉTODOS PARA ESTIMAR EL CONSUMO VOLUNTARIO DE FORRAJES POR RUMIANTES EN PASTOREO

Las técnicas utilizadas con animales en pastoreo generalmente dependen de los recursos disponibles y los objetivos del experimento.

Éstas técnicas se dividen en tres grupos principales:

- Basadas en el consumo de forraje. El consumo se calcula por diferencia entre el forraje disponible antes de la introducción de los animales y el residual después que estos salen de la pastura.
- Basadas en la producción animal. Tiene en cuenta los requerimientos del animal.
- Consumo individual por el animal. Tiene en cuenta la cantidad de forraje disponible, su digestibilidad, y la estimación de la excreta fecal.

Algunos métodos para estimar la digestibilidad de forraje están basados en el uso de marcadores. Conociendo la concentración de estos en la dieta y en las heces es posible calcular la indigestibilidad (Kotb y Luckey, 1972), La digestibilidad del alimento puede ser entonces calculada usando la concentración relativa del marcador en la materia seca del alimento y las heces (Schneider y Flatt, 1975), usando la ecuación siguiente:

$$DMS = \frac{\text{concentración del marcador en la MS del alimento}}{\text{Concentración del marcador en la MS de heces}}$$

El uso de estos marcadores tiene algunas limitaciones, pues algunas veces su concentración es mayor en las heces que en la dieta y su condición química no siempre es estable. Por otra parte, la fibra detergente ácido, el componente indigestible de la pared celular, puede ser utilizado con éxito como un marcador sustituto (Penning y Johnson, 1983), no obstante, Morgan y Stakelum (1987) demostraron que la proporción de fibra ácido detergente indigestible recuperada en las heces es baja y en consecuencia no es segura para predecir la digestibilidad de los alimentos.

Mayes y Lamb (1984), sugieren que los alcanos cuticulares de la planta pueden ser utilizados como marcadores externos para estimar la digestibilidad. Los resultados indican que la recuperación fecal es incompleta. Dove et al. (1990) encontraron que la digestibilidad puede ser estimada de forma más exacta con marcadores alcanos, asumiendo una recuperación estándar, que con técnicas in vitro.

Las mediciones de producción de heces se hacen con marcadores indigestibles. Estos marcadores no deben ser tóxicos, completamente indigestibles, cuantitativamente recuperables en las heces, sin efecto sobre la digestión ni sobre los microorganismos del tracto digestivo y de fácil determinación (Greenhalgh 1982, Le Du y Oenning 1982).

Wanyoike y Holmes (1981), Melix y Peyranol (1987a, 1987b) compararon la toma de muestras de heces del recto con la recolección en el suelo y mostraron que el primer método no resulta en una desviación significativa (3% a 4%), pero sí puede incrementar la variabilidad de la medición del consumo individual alrededor del 6%.

2.5.1. Contenido de N-alcanos en heces y forrajes

Los n-alcanos son componentes naturales de la cera cuticular de vegetales, predominantemente formados por cadenas impares de 25 a 35 átomos de carbono. El uso de n-alcanos de cadena larga, fue propuesto por Mayes et al. (1986) como método de estimativa de consumo. Su aplicación en estudios con rumiantes a pasto ha alcanzado resultados bastante alentadores.

En substitución al óxido crómico, la técnica prevé la administración a los animales de n-alcanos sintéticos de cadena larga con número par de carbonos, con el fin de obtener estimativas individuales de producción fecal, considerando que su concentración en plantas es baja (< 40 mg/kg MS) o muchas veces no detectables. Concomitantemente, la digestibilidad del forraje consumido es estimada con el uso de indicadores internos, como n-alcanos con cadenas largas de número impar de carbonos, substituyendo los valores de digestibilidad in vitro. Sin embargo, para una estimativa precisa del consumo de forraje es recomendado que la concentración de alcanos naturales en la planta sea superior a 50 mg/kg MS. Según Burns et al. (1994), el análisis de n-alcanos con equipamiento de cromatografía gaseosa es relativamente simple y preciso.

Según Dove y Mayes (1991), el uso de la técnica de indicador internos ofrece una estimativa individual de la digestibilidad, con la ventaja de considerar para cada animal, su nivel de consumo, bien como otros aspectos inherentes al propio. El cálculo de la digestibilidad con uso de indicador interno es hecho a través de la relación entre tenores de un indicador, natural del forraje y su concentración en las heces.

N-alcanos con número próximo de carbonos en la cadena poseen tasas de recuperación fecal muy semejante, probablemente por tener comportamiento similar en el tracto digestivo. Esa característica es requisito fundamental para aplicación y precisión de la técnica, y también aquella que posibilita, como su principal ventaja en la estimativa del consumo, considerar la digestibilidad del forraje específica para aquel animal en estudio.

El problema de este método es que los forrajes contienen concentraciones variables de alcanos, pudiendo ser muy bajas en algunas gramíneas tropicales. En experimentos realizados por Reeves et al. (1996), el par C_{32}/C_{33} permitió estimativas adecuadas de ingestión de materia seca para vacas en lactación en pastoreo cuando comparadas con el método de medida de producción de forraje y el cálculo del consumo a partir de las exigencias nutricionales para manutención y producción. En estos experimentos la técnica de alcanos proporcionó una estimativa directa y precisa de la ingestión individual de pasto.

Las principales limitaciones de la metodología están relacionadas con las diferentes concentraciones de n-alcanos entre las especies forrajeras, entre fracciones constituyentes de plantas y también, para el mismo forraje in natura o conservado bajo forma de ensilado. Variaciones dentro de la misma especie en función del período del año o ciclo vegetativo de la planta también son verificadas. Reeves et al. (1996) destacan la importancia del dosaje preciso de los alcanos sintéticos, teniendo en cuenta que una modificación en la concentración de C_{32} en el forraje puede causar una gran influencia en el cálculo de ingestión de materia seca (para cada mg de mudanza en su concentración, una alteración media de 0,5 kg de materia seca es esperada en el consumo). Siendo así, la cantidad ofrecida de alcano sintético C_{32} debe ser superior a 800 mg/día.

Después que Chibnall et al. (1934) demostraron la presencia de N-alcanos en la cera cuticular de las plantas, el interés en la composición química de este componente incrementó cuando las técnicas analíticas (especialmente cromatografía de gas y líquida) se volvieron más comunes. Grace y Body (1981) mostraron que la cera cuticular de las plantas contienen una variedad amplia de hidrocarburos, compuestos orgánicos que solo contienen dos elementos: hidrogeno y carbono.

Estos compuestos tienen varias características interesantes: el largo de la cadena de carbonos de los principales n-alcanos detectados están usualmente en el rango C_{25} (pentacosano) a C_{35} (pentatriacontano); los alcanos de cadenas impares están presentes en mayores cantidades que los n-alcanos de cadenas pares; mientras C_{29} (nonacosano), C_{31} (entriacontano) y C_{33} (tritriacontano) son n-alcanos dominantes, existe una marcada diferencia en sus niveles y patrones.

Mayes y Lamb (1984) estudiaron por primera vez el papel de los n-alcanos como marcadores internos para estimar el consumo de forraje. Actualmente la técnica es ampliamente utilizada para predecir tanto el consumo de forraje como la selección de la dieta.

2.5.2. Uso de n-alcános para estimar el consumo de forraje

Oro et al. (1965) observaron grandes similitudes entre el patrón de n-alcános extraídos de heces de ganado y en el forraje consumido. Posteriormente Grace y Body (1981) encontraron solo una cantidad pequeña de ácidos grasos C14-C18 en las heces de ovinos alimentados con trébol blanco (*Trifolium Repens L.*), pero los ácidos grasos C19 a C32 permanecían iguales en ambas fracciones.

Dove et al. (1990), Dove y Coombe (1992) al evaluar el uso de n-alcános como marcadores demostraron que estos pueden dar estimaciones más adecuadas de la digestibilidad que las técnicas in vitro o con el uso de lignina.

Cuando se utiliza el método de aplicación doble - cadenas pares de n-alcános con cadenas impares naturales – la recuperación de estos pierde importancia (Mayes et al., 1986). El consumo es estimado a partir de la aplicación diaria y las concentraciones dietarias y fecales de los n-alcános pares e impares adyacentes en longitud. Ya que las recuperaciones de los n-alcános adyacentes son similares, los errores asociados con la recuperación incompleta son canceladas en el numerador y el denominador y el consumo de forraje puede ser calculado como:

$$I = \frac{[(F_i + F_j) * D_j]}{[H_i - (F_i/F_j) * H_j]}$$

I: Consumo de forraje (MS, Kg/día).

H_i y *F_i*: Concentración de los n-alcános de cadenas impares en heces y forraje.

H_j y *F_j*: concentración equivalente de n-alcános de cadenas pares administradas para heces y forraje.

D_j: Administración diaria de n-alcános de cadena par.

Si las concentraciones *F_i* y *F_j* son estimadas en bases similares, los errores se cancelan.

Una ventaja del uso de n-alcános es su independencia de la digestibilidad y su utilidad para determinar el consumo cuando los animales están siendo suplementados o cuando se encuentran consumiendo dietas mixtas.

2.5.3. Otros métodos para estimar el consumo de forraje

2.5.3.1. Lignina purificada y enriquecida (LIPE)

El LIPE es un hidroxifenilpropano modificado y enriquecido. Se trata de un indicador de digestibilidad y consumo, desarrollado especialmente para investigación.

Es un indicador externo de digestibilidad que está demostrando excelentes resultados en estudios con diferentes especies animales, siendo sugerido como una opción de indicador para uso en nutrición animal.

2.5.3.2 Óxido crómico

Esta sustancia presenta como ventaja no ser tan cara, se incorpora fácilmente a las dietas y es analizada con relativa facilidad. Pero tiene algunas limitaciones, como baja recuperación fecal, principalmente en función de la variabilidad de los resultados obtenidos debido a la metodología de análisis y variación diurna de su excreción en las heces, lo que puede ser evitado dando el indicador dos veces al día.

Algunos trabajos muestran que el óxido crómico posee una tasa de pasaje más rápida por el rumen que el material fibroso y la posibilidad de su acumulación en alguna parte del tubo digestivo. Efectos carcinogénicos también son citados. Debido a estos inconvenientes, nuevos indicadores han sido estudiados y frecuentemente substituyen el óxido crómico en estudios de digestibilidad.

2.5.3.3. Fibra indigestible y cenizas insolubles

Se recomienda cuidado al utilizar este indicador en experimentos con animales en pastoreo, debido al riesgo de ingestión casual de suelo, lo que puede súper-estimar los valores de cenizas en las heces. Esta suele ser una fuente importante de error cuando se usan las cenizas insolubles como indicadores de digestibilidad.

2.6. HIPÓTESIS

Es posible estimar el consumo diario de forraje en vacas de cría en pastoreo de campo natural en diferentes momentos del año, mediante la técnica de n-alcanos.

El consumo diario de materia seca no varía con el genotipo, oferta de forraje, tipos de suelo (bloques experimentales) o momentos de año considerados.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El trabajo fue realizado en la Estación Experimental Bernardo Rosengurt (EEBR), Facultad de Agronomía-Udelar, ubicada sobre la ruta 26 en el km 408, departamento de Cerro Largo (32°35' latitud sur; 54°15' longitud oeste), Uruguay. El trabajo experimental tuvo una duración de 10 días de determinación en cada período de muestreo en noviembre-diciembre de 2011 y junio de 2012.

3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar (2 bloques y 4 tratamientos) con arreglo factorial de 2 x 2, combinación de 2 ofertas de forraje: Alta (A) y Baja (B) oferta y 2 grupos genéticos de vacas de cría: PURAS (Hereford (HH) y Aberdeen Angus (AA)) y Cruzas F1 (HA y AH). En las figura 4 y 5 se presentan los bloques y parcelas del diseño experimental a las que fueron asignados los animales de los diferentes grupos genéticos. Las vacas cruzas pastorearon en parcelas separadas de las puras Angus (AA) y Hereford (HH) conforme se puede apreciar.

Se realizaron dos bloques en base al tipo de suelo; el bloque 1 se encuentra sobre suelos arcillosos de la unidad Fraile Muerto, mientras que el bloque 2 se ubica sobre suelos arenosos de la unidad Zapallar.

La base forrajera fue campo natural. La oferta baja fue en promedio anual de 6 Kg. MS por cada 100 kg de peso vivo animal por día, siendo originada mediante revisión de trabajos previos, como la oferta que maximiza la producción animal por unidad de superficie. Por su parte, la oferta alta fue en promedio de 10 Kg. MS por cada 100 kg de peso vivo animal por día, valor que, según antecedentes nacionales maximizaría la producción individual del animal.

La disponibilidad de forraje se obtuvo mediante la técnica de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975), la que consiste en la estimación visual de la cantidad de forraje en base a una escala de 5 puntos. En cada punto de la escala se cortó el forraje a ras del suelo en 2 repeticiones. Las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado a 60°C hasta peso constante (aproximadamente 48 horas). Por otro lado, cada 10 pasos se muestreó en todos los potreros el punto predominante de la escala. Los pesos del forraje seco se proyectaron a 1 hectárea, y se promediaron estos valores ponderados por cada punto de la escala y su frecuencia relativa.

A su vez, los tratamientos de vacas puras, comprendieron dos genotipos distintos, vacas Hereford y vacas Aberdeen Angus. Se determinó la unidad experimental como el conjunto de vacas observadas por grupo genético.

El PV de los animales fue registrado el primer día de cada momento de muestreo con ayuno previo de 12 horas, usando balanza digital. El peso del animal vacío (PV_v o “shrunk weight”) es obtenido multiplicando al PV por 0.94.

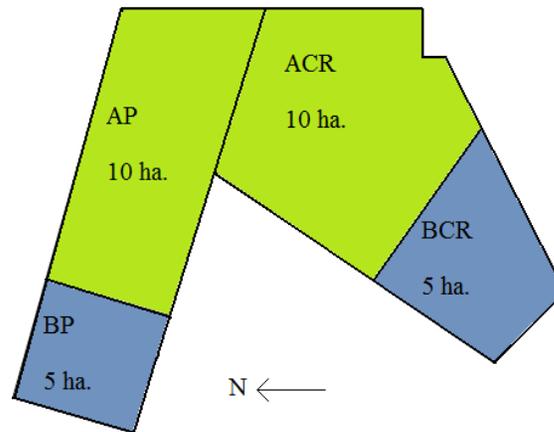


Figura 4. Mapa del bloque 1 y la disposición de los tratamientos.

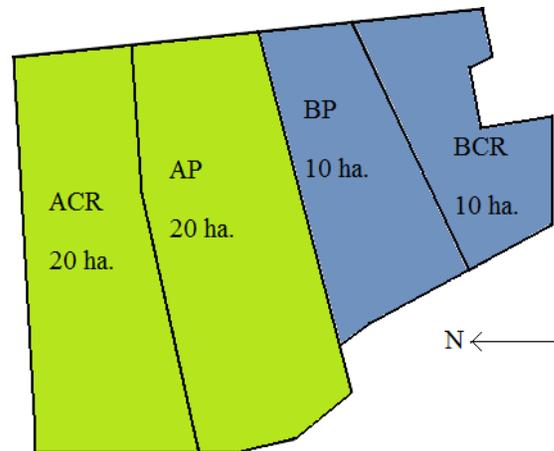


Figura 5. Mapa del bloque 2 y la disposición de los tratamientos.

Referencias:

- ACR: vacas cruzas (AH), en tratamiento de alta oferta de forraje.
- BCR: vacas cruzas (AH), en tratamiento de baja oferta de forraje.
- AP: vacas puras (HH o AA), en tratamiento de alta oferta de forraje.
- BP: vacas puras (HH o AA), en tratamiento de baja oferta de forraje.

3.3. TRATAMIENTOS

El experimento se enmarcó dentro de la continuación del proyecto: “Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural (financiado por INIA-FPTA 2009-2011)” y dentro del Proyecto “Estimaciones de energía de mantenimiento en vacas de cría puras y cruizas en pastoreo de campo natural” (financiado por ANII – Fondo María Viñas 2011-2013).

Si bien en promedio para todo el año las ofertas asignan 6 y 10 % del peso vivo animal en Baja y Alta, respectivamente, en el cuadro 4 se presentan las variaciones estacionales de la oferta (Cuadro 4). Debido a la ausencia de respuesta en desempeño animal (Soca et al., 2013) en invierno se manejan ofertas semejantes para todos los tratamientos (7,5 % del peso vivo animal), en tanto varían en las demás estaciones del año.

La carga animal fue determinada mediante la asignación de forraje (Carmo et al., 2013), siendo utilizadas 2 asignaciones que se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 4. Distribución de la asignación de forraje a lo largo del año en el experimento (kg MS/100 kg peso vivo/día).

Asignación de Forraje	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Promedio
ALTA (A)	7,5	10	10	12.5	10
BAJA (B)	7,5	5	5	7.5	6

El número de animales por tratamiento dependió de la disponibilidad y la oferta de forraje, variable ajustada mensualmente entrando o retirando animales volantes de cada tratamiento según el método de “put and take” (Mott y Lucas, 1952).

En los cuadros 5 y 6 se presentan los diferentes tratamientos. En cada tratamiento se presentan las características de los potreros, la asignación de forraje evaluada, su superficie y la cantidad de animales muestreados por grupo genético y raza para el periodo experimental.

Cuadro 5. Caracterización de los tratamientos experimentales durante el período de invierno.

Bloque	Oferta de forraje	Grupo genético	Superficie (ha)	Animales
1	Alta	Puras AA	10	2
		Puras HH		2
		Cruzas	10	2
	Baja	Puras AA	5	2
		Puras HH		2
		Cruzas	5	2
2	Alta	Puras AA	20	2
		Puras HH		2
		Cruzas	20	2
	Baja	Puras AA	10	2
		Puras HH		2
		Cruzas	10	2

Cuadro 6. Caracterización de los tratamientos experimentales durante el período de primavera.

Bloque	Oferta de forraje	Grupo genético	Superficie (ha)	Animales
1	Alta	Puras AA	10	2
		Puras HH		2
		Cruzas	10	2
	Baja	Puras AA	5	2
		Puras HH		2
		Cruzas	5	2
2	Alta	Puras AA	20	2
		Puras HH		2
		Cruzas	20	2
	Baja	Puras AA	10	2
		Puras HH		2
		Cruzas	10	2

3.4. CONDICIONES EXPERIMENTALES

3.4.1. Condiciones edáficas

Como ya fue expresado anteriormente, el bloqueo del experimento se realizó por diferencias en tipo de suelo. El bloque 1 se encuentra sobre suelos arenosos de la unidad Zapallar, donde predominan suelos Luvisoles melánicos albicos moderadamente profundos, y el bloque 2 sobre la unidad Fraile Muerto cuyos suelos predominantes son Brunosoles éutricos típicos muy profundos.

3.4.2. Resumen del comportamiento de las variables climáticas para las estaciones mencionadas 2011-12

En el cuadro 7 se presentan los registros de las precipitaciones y temperaturas registradas en la zona de estudio, en los meses correspondientes al año experimental y el promedio de la serie histórica de 30 años para cada mes de dicho trabajo.

Cuadro 7. Precipitaciones acumuladas (mm) y temperaturas medias (°C) durante los períodos experimentales: invierno y primavera.

Variable	Julio 2012	Julio (1961-1990)*	Diciembre 2011	Diciembre (1961-1990)*
PP (mm)	82	129	81	102
T°C		11.6		17

Referencias:

- PP: precipitaciones en milímetros de la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt.
- T°C: temperaturas en grados Celsius de la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt.
- (*) Precipitaciones y temperatura de la Estación Meteorológica de Melo promedio de la serie histórica 1961-1990.

3.4.3. Animales

Los animales utilizados fueron vacas de cría del rodeo de la EEBR. Los animales experimentales fueron vacas multíparas en el comienzo de la lactancia (40 días post parto en promedio en la determinación de primavera) y a mitad de gestación (150 días promedio) durante el invierno. Se utilizaron en total 24 vacas de cría, de las cuales 8 fueron cruza F1 recíprocas (HA y AH), 8 vacas de la raza Hereford y 8 vacas de la raza Aberdeen Angus. Además fueron utilizados animales volantes, como herramienta de ajuste de la oferta de forraje, que no fueron considerados en las determinaciones.

3.4.4. Análisis de laboratorio

El trabajo consistió en determinar el consumo animal en pastoreo de campo natural mediante la técnica de n-alcános.

3.5. DETERMINACIÓN DE CONSUMO MEDIANTE TÉCNICA DE N-ALCANOS

Para la determinación del consumo de forraje mediante la técnica de n-alcános se suministraron diariamente (durante 10 días consecutivos) 2 cápsulas conteniendo 200 mg del n-alcáno dotriacontano (C₃₂). Este alcáno se utiliza para estimar la producción diaria de materia fecal. A partir del 5to. día y hasta el 10º inclusive fueron colectadas muestras de heces (aproximadamente 200 g) en los mismos momentos de la dosificación.

En el mismo momento fueron tomadas muestras del campo natural para la determinación de los alcános presentes en la pastura. Para ello se utilizó la técnica de muestreo de “hand clipping” en la que se simula la cosecha de forraje por parte de la vaca. El indicador interno para estimar la digestibilidad de la pastura fue el n-alcáno tritriacontano (C₃₃). Las heces fueron secadas y molidas (a 0.01 mm) y posteriormente compuestas en una muestra sola por cada animal en cada período (primavera e invierno).

El consumo diario fue estimado en base a las concentraciones de los alcános en la pastura y en las heces (Dove et al., 1991) en donde:

$$\text{Consumo (kg MS/vaca/día)} = [(H_i/H_p) \times D_p] / [F_i - (H_i/H_p) \times F_p],$$

Siendo:

- H_i y H_p = respectivamente, tenores de n-alcános de cadena impar y par en las heces (mg/kg MS);
- F_i y F_p = respectivamente, tenores de n-alcános de cadena impar y par en el forraje (mg/kg MS);
- D_p = dosis diaria de n-alcános de cadena par (mg/día).

El perfil de alcános presente en las plantas recolectadas y en las heces, fue analizado por cromatografía gaseosa en el laboratorio de Farmacognosia de la Facultad de Química de la Udelar. Para el análisis se pesó una alícuota de ~1.00 g (heces o forrajes), y la cuantificación se realizó mediante cromatografía gas-líquido en un equipo HP 6890, provisto de un inyector automático y una columna DB-1 (JW) (ver detalles en Bakker y Alvarado, 2006 y ver protocolo en anexos).

3.5.1. Análisis estadístico

Para la variable Consumo diario de Forraje (Kg de MS por animal por día) fue realizado un análisis de varianza mediante un modelo estadístico que incluyó los efectos fijos de: Bloque, Genotipo, Oferta de Forraje, Momento de Determinación y las correspondientes interacciones.

En los efectos resultantes significativos ($P < 0.05$), fueron estimadas las medias de mínimos cuadrados y comparadas mediante el test de Tukey ajustado ($P < 0.05$).

Los análisis se realizaron mediante el procedimiento MIXED del Programa estadístico SAS.

4. RESULTADOS

Las características de los potreros, en cuanto a disponibilidad de forraje, superficie y la cantidad de animales muestreados por grupo genético y raza, para el periodo experimental, se presentan en los cuadros 8 y 9.

Cuadro 8. Caracterización de los tratamientos experimentales durante el período de invierno.

Bloque	Oferta de forraje	Grupo genético	Disponibilidad de forraje (kg MS/ha)
1	Alta	Puras AA	1426
		Puras HH	
		Cruzas	1580
	Baja	Puras AA	725
		Puras HH	
		Cruzas	727
2	Alta	Puras AA	2829
		Puras HH	
		Cruzas	1765
	Baja	Puras AA	1380
		Puras HH	
		Cruzas	978

Cuadro 9. Caracterización de los tratamientos experimentales durante el período de primavera.

Bloque	Oferta de forraje	Grupo genético	Disponibilidad de forraje (kg MS/ha)
1	Alta	Puras AA	702
		Puras HH	
		Cruzas	799
	Baja	Puras AA	541
		Puras HH	
		Cruzas	479
2	Alta	Puras AA	1836
		Puras HH	
		Cruzas	974
	Baja	Puras AA	919
		Puras HH	
		Cruzas	925

Si bien la asignación de forraje durante el período experimental de invierno fue la misma en todos los tratamientos, grandes diferencias fueron observadas en otros experimentos (Olmos et al., 2013), en cuanto a estructura de la pastura, distribución espacial y abundancia de especies según tratamiento. Del mismo modo, el comportamiento de la pastura presentó un patrón semejante en el período experimental de primavera.

En los cuadros 10 y 11 se presenta la composición química de las pasturas de los distintos momentos evaluados (invierno y primavera).

Cuadro 10. Composición química de la pastura para cada asignación de forraje en primavera.

AF	MS %	Ceniza %	PC %	FDN %	FDA %	EE %
Alta	91.3±0.36a	10.0±0.31a	9.4±0.31a	71,1±1.1a	38.1±1.0a	1.32±0.3 ^a
Baja	91,1±0.36a	8.9±0.31a	11.03±0.31a	61,8±1.1b	29.2±1.0b	1.78±0.3 ^a

Referencias:

- MS: materia seca
- PC: proteína cruda
- FDN: fibra detergente neutra
- FDA: fibra detergente ácida
- EE: extracto etéreo

El cuadro 10 refleja que en apenas dos componentes químicos de la pastura, que son la FDN (alta: 71.1%; baja: 61.8%) y FDA (alta: 38.1%; baja: 29.2%), presentan diferencias significativas entre los tratamientos de alta y baja asignación de forraje. Las demás variables comparadas no difieren significativamente entre los tratamientos en esta estación.

Cuadro 11. Composición química de la pastura para cada asignación de forraje en invierno.

AF	MS %	Ceniza %	PC %	FDN %	FDA %	EE %
Alta	93.9±0.34 ^a	35.0±2.7a	6.52±0.47 a	49.0±2.9a	23.7±2.17 a	1.4±0.28 ^a
Baja	92.9±0.34 ^a	35.2±2.7a	8.4±0.47a	46.4±2.9a	20.8±2.17 a	0±0.28 ^a

Este cuadro demuestra que en los tratamientos evaluados en invierno (alta y baja asignación de forraje) no existen diferencias significativas entre los porcentajes de los diferentes componentes de la pastura.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el consumo diario y los efectos fijos considerados.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	F	Pr > F
Bloque	1	1.8	0.1874
Genotipo	1	0.00	0.9893
Oferta	1	0.00	0.9646
Momento	1	4.48	0.0408
GG*Oferta	1	1.13	0.2947
GG*Oferta*Momento	3	0.16	0.9247

Estos resultados indican que existe efecto del momento del año ($P=0.04$), no siendo significativos el Bloque, Genotipo, Oferta de forraje y sus respectivas interacciones ($P>0.05$). De esta manera, y sólo para el momento, se rechaza la hipótesis nula.

Se utilizaron dos ofertas de forraje contrastantes (alta y baja), las cuales no difirieron significativamente. La única variable que significó un cambio en el consumo fue el momento. Este efecto entre las dos estaciones estudiadas (invierno y primavera) sobre el consumo es debido a las características propias de cada estación.

Los valores de las disponibilidades de forraje registradas en primavera del año en estudio, fueron inferiores a un año normal (cuadros 8 y 9), no habiendo grandes diferencias entre los consumos de alta y baja oferta de forraje (cuadros 13 y 15).

Cuadro 13. Consumo diario según los distintos tratamientos.

Tratamiento	Momento	Genotipo	Oferta	Consumo-Media	Error Estándar
1	Invierno	Cruza	Alta	8.6114	1.1680
2	Primavera	Cruza	Alta	10.6389	1.1680
3	Invierno	Cruza	Baja	8.2464	1.1680
4	Primavera	Cruza	Baja	9.5464	1.1680
5	Invierno	Pura	Alta	7.9355	0.8835
6	Primavera	Pura	Alta	9.7739	0.8260
7	Invierno	Pura	Baja	9.1985	0.7790
8	Primavera	Pura	Baja	10.0964	0.8260

En este cuadro se describe los distintos tratamientos utilizados en el ensayo con sus respectivos resultados de consumo y su error.

Como se aprecia cada tratamiento tiene un momento, genotipo y oferta.

Se entiende que el error estándar para este ensayo presenta valores de consumo muy altos agronómicamente hablando.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el consumo diario y los efectos fijos considerados.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	F	Pr > F
Bloque	1	1.71	0.1992
Raza	2	0.44	0.6447
Oferta	1	0.16	0.6944
Momento	1	5.06	0.0308
Raza*Oferta	2	1.19	0.3150
Raza*Oferta*Momento	5	0.33	0.8915

En el cuadro 14 se justifica lo observado en el cuadro 12 donde solo existen diferencias significativas en el momento que los animales consumieron la pastura.

En los cuadros 14 y 15 se realizó una comparación de cada uno de los biotipos y de sus cruza.

Los resultados arrojados demuestran que no existen diferencias significativas raciales en el consumo, esto se debe a que las razas utilizadas para los tratamientos, Angus y Hereford no poseen grandes diferencias en sus características morfo-fisiológicas.

Cuadro 15. Consumo diario según los distintos tratamientos.

Tratamiento	Momento	Raza	Oferta	Consumo-Media	Error Estándar
1	Invierno	AA	Alta	8.4111	1.1736
2	Primavera	AA	Alta	9.0836	1.1736
3	Invierno	AA	Baja	10.2054	1.0510
4	Primavera	AA	Baja	10.6761	1.1736
5	Invierno	F1	Alta	8.6111	1.1736
6	Primavera	F1	Alta	10.6386	1.1736
7	Invierno	F1	Baja	8.2461	1.1736
8	Primavera	F1	Baja	9.5461	1.1736
9	Invierno	HH	Alta	7.3033	1.3587
10	Primavera	HH	Alta	10.4636	1.1736
11	Invierno	HH	Baja	7.9411	1.1736
12	Primavera	HH	Baja	9.5161	1.1736

El cuadro numero 15 a diferencia del cuadro 13 se analiza por raza.

Si comparamos dos tratamientos contrastantes con lo son el 6 y el 11, en los cuales se espera diferencias importantes, podemos ver como se cumple con lo esperado. Sin embargo los tratamientos 6 y 12 la diferencia es mínima. Por lo tanto se vuelve a justificar comparando el 11 y el 12 que la diferencia está dada por el momento.

En el tratamiento 4 comparado con el 3, se espera que presenten valores diferentes de consumo, sin embargo, se da lo contrario. Y que el tratamiento 2 con el 3 que son contrastantes para la raza Angus, de mayor consumo el 3. De modo que el tratamiento de mayor consumo es el de invierno baja en comparación con primavera alta.

No se puede afirmar que animales cruce consuman más en todos sus tratamientos comparándolos con los de cada una de las razas puras.

Cuadro 16. Consumo en primavera y en invierno como estación con su error correspondiente.

Momento	Media	Error
Primavera	10.0 a	± 0.9
Invierno	8.5 b	± 1.0

Como se observa el consumo de forraje alcanzado por las vacas de cría a mitad de gestación en invierno fue significativamente menor al consumo de forraje alcanzado en primavera (8.5 y 10 respectivamente).

5. DISCUSIÓN

El consumo diario de MS para las vacas de cría no presentó efectos significativos ni de la raza, ni de la oferta de forraje, ni del bloque ($P > 0.05$). El momento del año (invierno y primavera) y estado fisiológico de la vaca, sí presentó efectos significativos sobre el consumo ($P = 0.04$), siendo de 8.5 ± 1.0 , y de 10.0 ± 0.9 para invierno y primavera respectivamente.

Según García y Wright (2007) la duración y el momento del día determinan la cantidad de forraje consumido por el animal. El momento del día en el que ocurren las mayores actividades de pastoreo es determinado por el clima y en particular la temperatura ambiente. Durante los días calurosos del verano hay un cambio en los hábitos de pastoreo predominando la actividad al amanecer, atardecer y durante la noche. Durante el tiempo frío, la mayor parte del pastoreo ocurre durante las horas del día con un aumento de la actividad particularmente durante la tarde cuando está más templado. Bajo condiciones de clima frío extremo el animal compara fisiológicamente el costo energético de desplazarse con aquel de la energía empleada en cosechar la cantidad limitada de forraje disponible. Es posible que a pesar de los mayores requerimientos energéticos debidos al clima, el animal escoja conservar la energía permaneciendo sin desplazarse que ir en búsqueda de una cantidad de forraje limitada y muy probablemente de baja calidad.

En invierno las bajas temperaturas no posibilitan un óptimo crecimiento de las pasturas, además de provocar frío en los animales, que deben utilizar parte de la energía para la termorregulación de su cuerpo, que además en algunas instancias les produce falta de apetito, deprimiendo el consumo. Sin embargo en primavera sucede lo contrario, siendo las temperaturas óptimas para el crecimiento de las pasturas García y Wright (2007).

De acuerdo con lo establecido por García y Wright (2007), el momento del día y su duración repercuten en el consumo, así mismo en este ensayo el momento del año varía la duración del día, la temperatura y el clima modificando el consumo. Por lo tanto, se coincide que estos son los factores que afectan el consumo en pastoreo.

Según Scarlato et al. (2013) en Uruguay el 77% de la actividad de pastoreo se lleva a cabo durante las horas de luz, presentando dos sesiones principales: la mañana y la tarde noche. La concentración de la actividad de pastoreo durante el día ha sido reportada como una estrategia anti predatoria (Rutter, 2010).

Según nuestros resultados los animales incrementan el consumo en primavera comparado a lo ingerido por los mismos individuos en invierno, esto se debe a lo que afirman Funston et al. (1991), Realini et al. (1999), que las diferencias de consumo en

las distintas estaciones se deben al tiempo de pastoreo y la tasa de bocado en respuesta a cambios en los parámetros de la pastura de cada estación. Sin embargo Brosh et al. (2006), no encuentran diferencias entre primavera e invierno en el tiempo de pastoreo de las vacas, pero sí respecto a los meses estivales por la baja calidad del forraje. En regiones templadas, Cangiano (1997), sostiene que las especies tienen en general una digestibilidad alta (70%) en primavera, disminuyendo en el verano. El avance de la madurez de la planta afecta negativamente, en mayor o menor grado, el consumo de materia seca.

Hejmanova et al. (2009), estudiaron los patrones estacionales del comportamiento ingestivo en vaquillonas de razas carniceras, confirmando que en distintas intensidades de pastoreo, los animales equilibraron la ingesta mediante un aumento en el tiempo dedicado al pastoreo y una disminución en la tasa de bocados, a medida que las pasturas perdieron su calidad debido a la época del año. Diferenciando de nuestros resultados, los cuales indican diferencias significativas en el consumo, siendo mayores en primavera que en el invierno.

Durán (1982), afirma que la ingestión de forraje se encuentra influenciada por características intrínsecas (composición química) y extrínsecas (disponibilidad) de la pastura. En forma coincidente, Durán afirma que el consumo está influenciado por la composición química de las pasturas. Sin embargo, en lo que refiere a la disponibilidad de forraje, no se encuentran diferencias de consumo entre altas y bajas ofertas.

Cuando la cantidad de forraje es lo suficientemente alta, la digestibilidad del forraje determina el consumo a través de la distensión ruminal; cuando el forraje es de muy alta calidad, a través de mecanismos metabólicos. En el caso inverso cuando la cantidad de forraje es baja, la digestibilidad del mismo puede tener poco o nada de efecto sobre el consumo. En esta condición, el consumo es afectado por el comportamiento ingestivo del animal a través de compensaciones entre el peso de bocado, la tasa de bocado y/o el tiempo de pastoreo. Este tipo de limitaciones también podría darse en condiciones de alta cantidad de forraje, pero de baja disponibilidad efectiva o accesibilidad (Cangiano, 1997).

Las diferentes ofertas de forraje asignadas a las vacas del ensayo no reflejan distintos comportamientos en el consumo de los individuos.

Hodgson (1985) sostiene que frente a escasa disponibilidad de forraje los animales incrementan el tiempo de pastoreo en respuesta a la reducción del bocado y la tasa de consumo instantánea como forma de mantener el consumo diario de forraje. No obstante, en muchas ocasiones esta compensación es limitada por la fatiga física derivada de las condiciones impuestas por la pastura durante el invierno (baja altura y disponibilidad).

Según Rook et al. (1994), los animales de altos requerimientos restringen el consumo en niveles críticos de disponibilidad de forraje. Así mismo, García y Wright (2007) enuncian que con densidades de pastura más bajas los animales necesitan caminar más para cubrir sus requerimientos nutricionales. El gasto de energía puede por lo tanto ser superior a la ventaja de seleccionar forraje de alta calidad. La disponibilidad, si bien no afecta directamente la calidad, va a afectar la eficiencia de utilización. Los resultados de este ensayo muestran que la oferta de forraje en los distintos tratamientos en promedio (1489 y 834 kg MS para invierno y primavera respectivamente) fueron demasiado bajas para obtener una buena utilización. Esto es debido al alto gasto energético que le resulta de cosechar la pastura.

En pasturas donde hay severas limitaciones el consumo de forraje debido a la baja disponibilidad y altura, o a una estructura poco favorable de la masa forrajera, el costo de cosecha de forraje puede aumentar considerablemente el costo de mantenimiento (20 a 25%), y la cantidad de alimento extra requerido para compensarlo. En este caso si los animales no pueden compensar con un mayor consumo, que se estima en 700 y 1200 g. MS/día, según la calidad de las pasturas y peso de los animales, el gasto energético extra afectaría considerablemente la producción (Di Marco y Aello, 2003).

Osuji (1974) por su parte, sugiere que las actividades en la pastura pueden aumentar los requerimientos de energía de los rumiantes de 25 a 50% por encima con respecto a la de animales confinados y que una parte importante del incremento de la colecta de forraje se debe atribuir al costo de caminar y trasladarse. De esta manera, en este ensayo, además de tener un gasto energético en la búsqueda de alimento, tuvieron que desplazarse todos los días durante el ensayo desde la parcela asignada hasta los bretes donde se realizaba el mismo, lo que determina un incremento de los requerimientos.

Funston et al. (1991) reportaron el comportamiento en pastoreo de ganado de carne en diferentes grupos genéticos pastoreando sobre campo natural en Le Havre, Francia. Las vacas puras HH (Hereford) y las vacas cruzas SH (50% Simental - 50% Hereford) y AH (50% Angus - 50% Hereford) no tuvieron diferencias significativas en tiempo medio dedicado al pastoreo (tiempo de pastoreo = 11.9 h/d \pm 1.1 h/d). Tampoco hubo diferencias entre razas puras (HH y AA). Así como en el ensayo de Funston et al. (1991), los resultados de este trabajo fueron similares, dado que no se encontraron diferencias significativas en el consumo de vacas de cría puras (AA o HH) y cruzas (AH o HA) pastoreando campo natural (consumo = 9.2 \pm 1 kg MS/día).

Varios trabajos similares fueron estudiados en los últimos años que demuestran la superioridad de los animales cruce respecto a los animales puros. Mezzadra et al. (1999), encontraron que el peso final de los animales cruce (AH o HA) respecto a los

puros (AA) o (HH) fue 6.2% superior, dado por la heterosis individual. Fue también significativa la heterosis mostrada en tasa de engrasamiento (24.9%).

Por su lado, Gimeno et al. (2002), evaluaron los cruzamientos de todas las razas más representativas de Uruguay, y encontraron que los cruzamientos para la producción de carne vacuna, han demostrado su efectividad en aumentar la eficiencia de producción, a través del uso de la heterosis. Demostrando que en cruza los pesos al nacimiento fueron menores que en razas puras, así también mejoró la eficiencia con otras características como facilidad de parto y peso al destete.

Además, el empleo de vacas cruza mejora la producción física hasta en un 30% en la vida útil de la vaca sin incrementar los costos de producción (Morris et al., 1987).

Di Marco y Aello (1998) sostienen que el costo energético del caminar al pastorear podría tener sólo un efecto menor sobre las necesidades de energía en el ganado a pastoreo. En animales caminando 1 km de distancia sobre cinta transportadora, el costo de mover 100 kg. de peso es de 50 kcal. relativamente constante entre especies, y variando entre 45 a 60 Kcal (valores dentro de este rango son utilizados por normas inglesas y australianas de alimentación, Di Marco y Aello, 2003).

Por lo tanto, la caminata del animal durante el pastoreo diario o el desplazamiento entre distintos potreros y las fuentes de abrevado representan un gasto de energía. La distancia que el ganado recorre en el día varía tanto dentro de un día como entre días para un establecimiento en particular y está por lo general relacionada a la disponibilidad y/o accesibilidad de la pastura. Los rumiantes tratan de mantener un equilibrio entre el consumo de alimento y sus requerimientos de energía. La distancia recorrida por el ganado en pastoreo es determinada por una combinación de características intrínsecas del animal y decisiones de manejo (García y Wright, 2007).

Esto último podría haber sido una fuente de error ya que los animales recorrían distancias superiores a 1 km cada día durante todo el ensayo.

La ausencia de efectos significativos de la oferta durante el invierno podría estar asociada al tratamiento en donde se asigna la misma cantidad de forraje cada 100 kg de peso vivo animal (cuadro 4). Sin embargo, en primavera las asignaciones sí fueron diferentes (con 5% y 10% para baja y alta respectivamente).

Por último, se realiza un cálculo del consumo como porcentaje del peso vivo de los individuos promedio.

El peso promedio es de 470 kg y 440 kg para los animales cruza y puros respectivamente, siendo el consumo para ambos casos 9.2 kg MS promedio. De esta manera, el consumo como % de PV tiende a ser mayor en animales puros que en cruza, demostrando una mejor eficiencia en el consumo en los animales cruza.

6. CONCLUSIONES

El consumo diario difiere significativamente según el momento del año que se cosecha en vacas de cría pastoreando campo natural. El consumo para los meses de invierno fue de 8.5 kg MS/día y para los meses de primavera de 10 kg MS/día.

El consumo diario no varía según la oferta de forraje en vacas de cría sobre campo natural. El consumo diario no tuvo diferencias significativas en los distintos tratamientos (alta y baja disponibilidad de forraje).

El tipo de suelo no repercutió en el consumo diario de vacas de cría pastoreando campo natural.

El consumo no difiere significativamente entre animales puros (AA y HE), ni entre puros (AA o HE) y cruza (AH o HA) pastoreando campo natural en una estación del año determinada.

7. RESUMEN

La ganadería en Uruguay es uno de los rubros productivos más importantes, la misma se está viendo desplazada en superficie hacia zonas marginales por competencia con otros rubros como la agricultura y la forestación; y que para competir, ésta debe ser más eficiente. El objetivo del presente estudio fue estimar el consumo diario de vacas de cría de distintos grupos genéticos pastoreando sobre campo natural mediante la técnica de n-alcanos. Para ello se utilizó un diseño experimental de bloques al azar (2 bloques y 4 tratamientos) con arreglo factorial de 2 x 3, combinación de 2 ofertas de forraje: Alta (A) y Baja (B) oferta y 2 grupos genéticos de vacas de cría: PURAS (Hereford (HH) y Aberdeen Angus (AA)) y Cruzas F1 (HA y AH) para 2 momentos del año (invierno y primavera). El bloque 1 se ubica sobre la unidad Fraile Muerto (Brunosoles éutricos muy profundos) y el bloque 2 sobre la unidad Zapallar (Arenosoles moderadamente profundos). Se utilizaron 24 vacas de cría multíparas, de las cuales 8 fueron Angus puras (AA), 8 Hereford puras (HH) y 8 cruzas (AH y HA), pastoreando 90 ha de campo natural, divididas en dos ofertas de forraje (6% del PV baja oferta y 10% del PV alta oferta promedio a lo largo del año) y en dos momentos del año: invierno y primavera. El consumo diario fue estimado en base a las concentraciones de los alcanos en la pastura y en las heces. El perfil de alcanos presente en las plantas recolectadas y en las heces, fue analizado por cromatografía gaseosa en el laboratorio. Se encontraron efectos significativos del momento del año sobre el consumo diario de materia seca de vacas de cría sobre campo natural. Las vacas consumieron más en primavera que en invierno (10.0 ± 0.9 y 8.5 ± 1.0 kg/vaca/día respectivamente, $P < 0.05$). El consumo diario para vacas cruce en relación a las vacas puras y entre razas no difirió significativamente (9.2 ± 1.2 y 9.2 ± 0.8 kg/vaca/día respectivamente, $P > 0.05$). Así como tampoco se encontraron para la oferta de forraje (ALTA: 9.2 ± 1.0 y BAJA: 9.3 ± 1.0 , $P > 0.05$). Los suelos de las distintas unidades no tienen diferencias significativas sobre el consumo diario. Para lograr resultados más precisos, es necesario que en el futuro se repitan estos ensayos para tener mayor cantidad de registros y de esta manera reducir el margen de error.

Palabras clave: Ganadería; Consumo diario; N-alcanos; Grupos genéticos; Vacas de cría; Oferta de forraje; Momentos del año.

8. SUMMARY

Livestock are one of the Uruguay's most important productive assets. Over the years, production has been moved to marginal areas in order to compete with agriculture and forestry. Because of the move, production must be more efficient. The objective of this study has been to estimate the daily consumption of breeding cows of different genetic groups while feeding them on natural grazing using the n-alcanos technique. An experimental design of random areas was used (2 blocks and 4 treatments) with factorial arrangement of 2 x 3, combining 2 forages offers: High (A) and Low (B) offers and two genetic groups of breeding cow: PURES (Hereford HH) and Aberdeen Angus (AA) and Cross Breed F1 (HA and AH), they were used two seasons of the year (winter and spring). Block #1 is located in Fraile Muerto (Brunosoles eutricos very profounds) and block #2 at the Zapallar unit (Arenosoles moderate profounds). At this time, 24 multiple breeding cows were in the study, 8 of them were Pure Aberdeen Angus (AA), 8 pure Hereford (HH) and 8 Cross breed (AH and HA), 90 Ha natural grazing fields, divided into 2 forage offers (6% of low PV offer and 10% of high PV average offer during the year and in two periods of time: winter and spring. Daily consumption was estimated on bases of the alcanos concentration in pasture and stool. The alcanos profile shown in the collected plants and stools was analized by gas cromatography in the laboratory. The time of the year had a significant effect on the daily consumption of the breeding cows in natural fields. Cows consumed more in spring than in winter (10.0 + 0.9 and 8.5 +1.0 kg/cow/day/respectively, $P < 0.05$). The daily consumption of the cross breed cows, pure breed and between breeds did not show a significant difference (9.2 + 1.2 and 9.2 + 0.8 kg/cow day respectively, $P > 0.05$). Different unit soils do not have significant differences on the daily consumption. In order to achieve more precise results, it will be necessary that these studies repeated in the future using more data and to lower the margin for error.

Keywords: Livestock; Daily consumption; N-alcanos; Genetic groups; Breeding cows; Forage offers; Periods of time.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. ALLDEN, W. G.; WHITTAKER, I. A. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep; the interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agricultural Research*. 21: 755-766.
2. BLAXTER, K. L. 1967. *The energy metabolism of ruminants*. 2nd. imp. London, UK, Hutchinson Scientific and Technical. 329 p.
3. BROSH, A.; HENKIN, Z.; UNGAR, E. D.; DOLEV, A.; ORLOV, A.; YEHUDA, Y.; AHARONI, Y. 2006. Energy cost of cows' grazing activity; use of the heart rate method and the Global Positioning System for direct field estimation. (en línea). *Journal of Animal Science*. 84:1951-1967. Consultado 15 nov. 2009. Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/content/full/84/7/1951>.
4. BURNS, J. C.; POND, K. R.; FISHER, D. S. 1994. Measurement of forage intake. In: Fahey Jr., G. C. ed. *Forage quality, evaluation, and utilization*. Lincoln, University of Nebraska. pp. 494-531.
5. CANGIANO, C. A. 1997. Producción animal en pastoreo. Balcarce, INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. pp. 1 – 45.
6. CHACON, E.; STOBBS, T. H. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behavior of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*. 27: 709-727.
7. CHIBNALL, A. C.; PIPER, S. H.; POLLARD, A.; WILLIAMS, E. F.; SAHAI, P.M. 1934. The constitution of the primary alcohol's, fatty acids and paraffin's present in plant and insect waxes. *Biochemical Journal*. 28: 2189-2209.
8. DE MATTOS, D. 2011. Ganado bovino en Uruguay. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 15 may. 2013. Disponible en <http://www.bpumeat.com/>
9. DI MARCO, O. N.; AELLO, M. 1998. Energy cost of cattle walking on the level and on a gradient. (en línea). *Journal of Range Management*. 51:9-13. Consultado 15 may. 2013. Disponible en http://jrm.library.arizona.edu/data/1998/511/009-013_di%20marco.pdf.

10. _____.; _____. 2003. Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo y su efecto en la producción. (en línea). Buenos Aires, Unidad Integrada Balcarce (Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias /INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce). 8 p. Consultado 15 may. 2013. Disponible en http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/nutricion/costo_energ.htm.
11. DOVE, H.; MILNE, J. A.; MAYES, R. W. 1990. Comparison of herbage intakes estimated from *in vitro* or alkanebased digestibilities. Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod. 50: 457-459.
12. _____.; MAYES, R. W. 1991. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores; a review. Australian Journal of Agricultural Research. 42: 913-952.
13. _____.; SIEVER-KELLY, C.; LEURY, D. J.; GATFORD, K. L.; SIMPSON, R.J. 1992. Using plant wax alkanes to quantify the intake of plant parts by grazing animals. Proceedings of the Nutrition Society of Australia. 17: 149.
14. DULPHY, J. P.; REMOND, B.; THERIEZ M. 1980. Ingestive behaviour and related activities in ruminants. *In*: Ruckebusch, Y.; Thivend, P. eds. Digestive physiology and metabolism in ruminants. Lancaster, MTP. pp. 103-122.
15. DURÁN, H. 1982. Uso de concentrados con vacas lecheras a pastoreo. Santiago de Chile, Pontificia Universidad Católica. Facultad de Agronomía. Departamento de Zootecnia. 26 p.
16. ESPASANDÍN, A. C.; FRANCO, J. B.; OLIVEYRA, G.; BENTANCUR, O.; GIMENO, D.; PEREYRA, F.; ROGBERG, M. 2006. Impacto productivo y económico del uso del cruzamiento entre las razas Hereford y Angus en el Uruguay. *In*: Jornadas Uruguayas de Buiatría (34as., 2006, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 41-51.
17. FORBES, T. D. A. 1988. Researching de plant-animal interface; the investigation of the ingestive behaviour in grazing animals. (en línea). Journal of Animal Science. 66:2369-2379. Consultado 15 may. 2013. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/66/9/2369.full.pdf+html>.

18. FUNSTON, R. N.; KRESS, D. D.; HAVSTAD, K. M.; DOORNBOS, D. E. 1991. Grazing behavior of rangeland beef cattle differing in biological type. (en línea). *Journal of Animal Science*. 69: 1435-1442. Consultado 18 ene. 2013. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/69/4/1435.full.pdf+html>.
19. GALLI, J. R.; CANGIANO, C. A.; FERNÁNDEZ, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 16(2): 119-142.
20. GARCÍA, A. 2007. Efectos del Medio Ambiente sobre los requerimientos nutricionales del ganado en pastoreo. (en línea). s.l., USDA South Dakota State University Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Biological Sciences. 5 p. Consultado 1 mar. 2013. Disponible en <http://agbiopubs.sdstate.edu/articles/ExEx4037-S.pdf>.
21. GIBB, M. J.; HUCKLE; C. A.; NUTHALI, R.; ROOK, A. J. 1997. Effect of sward surface height on intake and grazing behaviour by lactating Holstein-Friesian cows. *Grass and Forage Science*. 52:309-321.
22. _____. 1998. Animal grazing intake terminology and definitions. *In*: Workshop on Pasture Ecology and Animal Intake (3rd., 1996, Dubling, Ireland). Proceedings. Dubling, Ireland, s.e. pp. 21-37 (Occasional Publication no. 3).
23. _____.; HUCKLE, C. A.; NUTHALL, R.; ROOK, A. J. 1999. The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behavior and intake by dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*. 63:269-287.
24. GIMENO, D.; AVENDAÑO, S.; NAVAJAS, E.; LAMAS, A. 2002. Utilización de cruzamientos como herramienta para el aumento del beneficio económico. *In*: Seminario de Actualización Técnica sobre Cruzamientos en Bovinos para Carnes (2002, Tacuarembó, UY). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 5-9 (Actividades de Difusión no. 295).
25. GINANE, C.; PETIT, M.; D' HOUR, P. 2003. How do grazing heifers choose between maturing reproductive and tall or short vegetative swards? *Applied Animal Behaviour Science*. 83(1): 15-27.

26. GRACE, N. D.; BODY, D. R. 1981. The possible use of long chain C₁₉-C₃₂ fatty acids in herbage as an indigestible fecal marker. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 97: 743-745.
27. GREENHALGH, J. F. D. 1982. An introduction to herbage intake measurement. *In*: Leaver, J. D. ed. *Herbage intake handbook*. Hurley, The British Grassland Society. pp. 1-10.
28. GREGORINI, P.; AGNELLI, L.; MASINO, C. 2007. Producción animal en pastoreo; definiciones que clarifican significados y facilitan la comprensión y utilización de términos usados comúnmente. (en línea). s.l., Universidad Nacional de La Plata. FCA. 7 p. Consultado 11 mar. 2013. Disponible en http://www.engormix.com.mx/produccion_animal_pastoreo_definiciones_s_articulos_1439_AGR.htm.
29. HAVSTAD, M.; MALECHEK, J. C. 1982. Energy expenditure of heifers grazing crested wheatgrass of diminishing availability. *Journal of Range Management*. 35(4): 447-450.
30. HEJCMANOVA, P.; STEJSKALOVA, M.; PAVLU, V.; HEJCMAN, M. 2009. Behavioural patterns of heifers under intensive and extensive continuous grazing on species-rich pasture in the Czech Republic. *Applied Animal Behaviour Science*. 117: 137-143.
31. HENDRICKSEN R.; MINSON, D. J. 1980. The feed intake and grazing behaviour of cattle grazing a crop of *Lablab purpureus* cv. Rongai. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 95: 547-554.
32. HEPWORTH, K. W.; TEST, P. S.; HART, R. H.; WAGGONER Jr., J. W.; SMITH, M. A. 1991. Grazing systems, stocking rates, and cattle behaviour in southeastern Wyoming. *Journal of Range Management*. 44: 259-262.
33. HODGSON, J. 1990. *Grazing management; science into practice*. New York, Longman Scientific and Technical. 203 p.
34. HOLMES, C. W.; McLEAN, N. A.; LOCKYER, K. J. 1978. Changes in the rate of heat production of calves during grazing and eating. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 21: 107-112.

35. HUBER, S. A.; JUDKINS, M. B.; KRYSL, L. J.; ŠVEJCAR, T. J.; HESS, B. W.; HOLCOMBE, D. W. 1995. Cattle grazing a riparian mountain meadow: effects of low and moderate stocking density on nutrition, behavior, diet selection, and plant growth response. *Journal of Animal Science*. 73: 3752-3765.
36. IBARRA GIL, H. 2007. Hábitos de pastoreo. (en línea). s.l., Unión Ganadera Regional de Nuevo León. 3 p. Consultado 21 dic. 2012. Disponible en <http://www.unionganaderanl.org.mx/revista.asp>.
37. JAMIESON, W. S.; HODGSON, J. 1979. The effects of variation in sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves and lambs under a continuous stocking management. *Grassland Forage Science*. 34(4): 273-282.
38. JENKINS, T. G.; FERREL, C. L. 1994. Productivity through weaning of nine breeds of cattle under varying feed availabilities; I. Initial evaluation. (en línea). *Journal of Animal Science*. 72(11): 2787-2797. Consultado 5 dic. 2012. Disponible en <http://journalofanimalscience.org/content/72/11/2787.full.pdf+html>.
39. KOTB, A. R.; LUCKEY, T. D. 1972. Markers in nutrition. *Nutrition Abstracts Review*. 42: 28.
40. LACA, E. A.; UNGAR, E. D.; SELIGMAN, N.; DEMMENT, M. 1992. Effect of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*. 47: 91-102.
41. LACHICA, M.; BARROSO, F. G.; PRIETO, C. 1997. Seasonal variation of locomotion and energy expenditure in goats under range grazing conditions. *Journal of Range Management*. 50(3):234-238.
42. _____.; AGUILERA, J. F. 2000. Estimation of energy costs of locomotion in the Iberian pig (*Sus mediterraneus*). *British Journal of Nutrition*. 83:35-41.
43. LE DU, Y. L. P.; COMBELLAS, J.; BAKER, R. D. 1979. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows. 2- The effects of level of winter feeding and daily herbage allowance. *Grass and Forage Science*. 34(4): 249-260.

44. _____.; PENNING, P. D. 1982. Animal based techniques for estimating herbage intake. Herbage intake handbook. Hurley, The British Grassland Society. pp. 37-76.
45. MC DONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D.; MORGAN, C. A. 1999. Nutrición animal. 5ª ed. Zaragoza, España, Acribia. pp. 144-160.
46. MAYES, R. W.; LAMB, C. S. 1984. The possible use of n-alkanes as indigestible markers. Proceedings of the Nutrition Society. 43: 90A.
47. _____.; _____.; COLGROVE, P. M. 1986. The use of dosed and herbage n-alkanes as markers for the determination of herbage intake. Journal of Agricultural Science (Cambridge). 107: 161-170.
48. MELIX, C.; PEYRAUD, J. L. 1987a. Utilisation de l'oxide de chrome chez les vaches laitieres pour la prévision de quantités de fices émises. 1. Etude des variation du taux de récupération et ses conséquences sur l'estimation de la digestibilité et des quantités ingérées de rations d'herbe et dénsilage de mais. Reproduction Nutrition and Developement. 27 IB: 215-216.
49. _____.; _____.1987b. Utilisation de l'oxide de chrome chez les vaches laitieres pour la prévision de quantités de fices émises. 2. Comparision des methods de prélèvement de fices par voie redale et par collecte globale. Reproduction Nutrition and Developement.27 IB: 217-218.
50. MEZZADRA, C.; FAVERIN, C.; REID, L.; PAVAN, E.; SANTINI, F. 1999. Evaluación de novillos de diferentes grupos genéticos en sistemas de engorde con grados variables de intensificación. In: Congreso Argentino de Genética (29º., 1999, Rosario). Actas. Revista Argentina de Producción Animal. 1: 337.
51. MONTOSI, F. 2013. Programa Nacional de Investigación. Producción de carne y lana. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 15 may. 2013. Disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/315838I1.php>.
52. MORGAN, D. J.; STAKELUM, G. 1987. The prediction of the digestibility of herbage by dairy cows. Irish Journal of Agricultural Research. 26: 23-34.
53. ORÓ, J.; NOONER, D. W.; WIKSTRÖM, S. A. 1965. Paraffenic hydro carbons in pasture plants. Science. 147: 870-873.

54. OSUJI, P. O. 1974. The physiology of eating and the energy expenditure of the ruminant at pasture. *Journal of Range Management*. 27 (6): 437-443.
55. PATIÑO, R. M.; FISCHER, V.; BALBINOTTI, M.; BASES, M. C.; FERREIRA, E. X.; VINHAS, R. I.; LIMA, M. 2003 Comportamiento ingestivo diurno de novillos en pastoreo sometidos a niveles crecientes de suplementación energética. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 32(6):1408-1418.
56. _____.; GONZÁLEZ, K.; PORRAS, F.; SALAZAR, L.; VILLALBA, C.; GIL, J. 2008. Comportamiento ingestivo diurno y desempeño de novillos en pastoreo pertenecientes a tres grupos genéticos durante dos épocas climáticas. (en línea). Montería, Colombia, Universidad de Sucre. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Grupo en Biodiversidad Tropical. 11 p. Consultado 20 mar. 2013. Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd20/3/pati20036.htm>.
57. PENNING, P. D.; JOHNSON, R. H. 1983. The use of internal markers to estimate herbage digestibility and intake. 2. Indigestible acid detergent fibre. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 100: 133-138.
58. _____.; ROOK, A. J.; ORR, R. J. 1991. Patterns of ingestive behaviour of sheep continuously stocked on monocultures of ryegrass or white clover. *Applied Animal Behaviour Science*. 31: 237-250.
59. PEREYRA, H.; LEIRAS, M. A. 1991. Comportamiento bovino de alimentación, rumia y bebida. (en línea). *Fleckvieh-Simental*. 9:24-27. Consultado 3 abr. 2013. Disponible en <http://www.produccionbovina.com>.
60. REALINI, C. E.; HODGSON, J.; MORRIS, S. T.; PURCHAS, R. W. 1999. Effect of sward surface height on herbage intake and performance of finishing beef cattle. (en línea). *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 42 (2): 155-164. Consultado 15 may. 2014. Disponible en http://pdfserve.informaworld.com/864344_919971000.pdf.
61. REEVES, M.; FULKERSON, W. J.; KELLAWAY, R. C.; DOVE, H. A. 1996. Comparison of three techniques to determine the herbage intake of dairy cows grazing kikuyu *Pennisetum clandestinum* pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 36: 23-30.

62. ROOK, A. J.; HUCKLE, C. A.; PENNING, P. D. 1994. Effect of sward height and concentrate supplementation of the ingestive behavior of spring-calving dairy cows grazing grass-clover swards. *Applied Animal Behavior Science*. 40: 101-112.
63. SCARNECCHIA, D. L.; NASTIS, A. S.; MALECHEK, J. C. 1985. Effects of forage availability on grazing behavior of heifers. *Journal of Range Management*. 38(2):177-180.
64. SCHNEIDER, B. H.; FLATT, W. P. 1975. The evaluation of feed through digestibility experiments. Athens, University of Georgia. 423 p.
65. SIMEONE, A.; BERETTA, V. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Hemisferio Sur. 119 p.
66. SOCA, P.; CLARAMUNT, M.; DO CARMO, M.; PÉREZ - CLARIGET, R.; ASTESSIANO, A. L.; SCARLATTO, S.; ESPASANDÍN, A.; CARRIQUIRY, M. 2013. Fundamentos del modelo de investigación para mejorar el resultado productivo, económico y la sostenibilidad de la cría vacuna en pastoreo de campo natural. *In*: Soca, P.; Espasandín, A.; Carriquiry, M. resp. Efecto de la oferta de forraje y grupo genético de las vacas sobre la productividad y sostenibilidad de la cría vacuna en campo natural. Montevideo, INIA. pp. 13-21 (Serie Técnica FPTA no. 048).
67. SPRINKLE, J.; HOLLOWAY, J.; WARRINGTON, B.; ELLIS, W.; STUTH, J.; FORBES, T.; GREENE, L. 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* 78:1608-1624. Consultado 5 abr. 2013. Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/reprint/78/6/1608>.
68. STOBBS, T. H. 1975. Nutritional value of grazed tropical pastures. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. *Tropical Grasslands*. 9(2):141-150.
69. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS. 2012. Anuario estadístico agropecuario 2012. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 15 mar. 2012. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2012,O,es,0>.

70. WADE, M. H.; AGNUSDEL, M. 2001. Morfología y estructura de las especies forrajeras y su relación con el consumo. (en línea). Rio Cuarto, Córdoba, Argentina, s.e. pp. 1-10. Consultado 5 ene. 2013. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>.
71. WANYOIKE, M. M.; HOLMES, W. 1981. A comparison of indirect methods of estimating feed intake on pasture. Grass and Forage Science. 36: 211-225.

10. ANEXOS

PROTOCOLO PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS Y CÁLCULO DE ALCANOS

Dosificación de los animales, recolección y análisis de muestras de heces y forrajes.

El consumo promedio (kg MS/d) y la composición botánica de la dieta promedio (% de la MS total) se estimó en cada animal y en dos períodos (P1: 19 al 28 oct. 2010 y P2: 30 nov al 8 dic 2010) con la técnica de los *n*-alcanos, según el procedimiento general propuesto por Dove y Mayes (2006). En cada período, los animales se dosificaron durante 10 días con 248 ± 10 (P1) o 355 ± 10 (P2) mg/d de *n*-dotriacontane (C₃₂) (Aldrich) en tapones de celulosa (Carl Roth), elaborados en la Facultad de Ciencias Veterinarias, UNCPBA, Tandil, Argentina, administrados con sonda esofágica a la mañana. En los últimos 5 días de P1 y P2 se recolectaron muestras de heces del recto de cada animal en el mismo horario de la dosificación. En los primeros 3 días del período de recolección de heces se recolectaron muestras del forraje potencialmente pastoreado por cada animal mediante hand-clipping (simula lo que es cosechado por la vaca) y también de las tres especies forrajeras dominantes en el campo natural.

Las muestras de heces y forrajes fueron procesadas para la determinación del contenido de los *n*-alcanos impares desde C₂₃ hasta C₃₅ y C₃₂ (mg/kg MS) de acuerdo al procedimiento general propuesto por Dove y Mayes (2006) con las modificaciones según Bakker y Alvarado (2006). Todas las muestras se secaron en estufa a 60 °C y se molieron en un molino Willey previo al análisis, luego una alícuota (~1 g) de cada muestra molida se secó a 100 °C hasta peso constante para corregir los valores según el contenido de MS. Las muestras de heces fueron compuestas por animal (n=24) y período (n=2) y luego se analizó una sola alícuota de cada muestra compuesta (n=48). Las muestras de forraje (hand-clipping) fueron compuestas por potrero (n=8), día vaca (n=3) y período (n=2) y luego se analizó una sola alícuota de cada muestra compuesta (n=48). Para el análisis se pesó una alícuota de ~0,25 g (heces) o ~0,75 g (forrajes), y la cuantificación se realizó mediante cromatografía gas-líquido en un equipo HP 6890, provisto de un inyector automático y una columna DB-1 (JW).

Para realizar la filtración se utilizó una columna cromatográfica que permite separar por polaridad a los compuestos apolares de los polares. Para ello, dentro de la columna de filtrado se introduce un trozo pequeño de algodón para detener el silicagel (2 g de soluto muy polar) para filtrar. Antes de introducir cada muestra en la columna se le

agrega 5ml de hexanos (líquido) como solvente apolar. Los hexanos se agregan para limpiar la solución, para sacar las impurezas que no utilizaremos. Al introducir cada muestra, las impurezas por polaridad y filtración quedan retenidas en el silicagel y el algodón, mientras las sustancias apolares (hexanos y alcanos) pasan. La solución resultante se vaporiza en un rotador para obtener como resultado los alcanos en estado sólido. Se le agrega 1 ml de hexanos para disolverlo e introducirlo en un vial de 1 ml roturado con un marcado indeleble. Cada vial se introduce en el equipo HP 6890, provisto de un inyector automático ya antes mencionado, que permite la obtención de los resultados para ser analizados.

Para cada muestra se hace el mismo procedimiento. A lo último, se introducen todos los viales de 1 ml, juntos, en el equipo.

CÁLCULOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El consumo, la composición botánica de la dieta y la composición botánica de cada potrero en P1 y P2 se calcularon con las fórmulas generales propuestas por Dove y Mayes (2006). Para el cálculo del consumo (Fórmula 1) se usó el par de *n*-alcanos C₃₂/C₃₃. Para el cálculo de la composición botánica de la dieta y de los potreros (Fórmula 2) se usaron los *n*-alcanos C₂₉, C₃₁ y C₃₃, y en el caso de la dieta se asumió que la recuperación fecal de los tres *n*-alcanos fue similar. La Fórmula 2 se resolvió mediante un proceso iterativo usando la herramienta Solver de MicroSoft Excel.

$$(1) \text{ Consumo (kgMS/d)} = \frac{\text{dosis C}_{32} \text{ (mg/d)} \times \left(\frac{\text{C}_{33} \text{ (mg/d) heces}}{\text{C}_{32} \text{ (mg/d) heces}} \right)}{\text{C}_{33} \text{ (mg/d) forraje} - \left(\frac{\text{C}_{33} \text{ (mg/d) heces}}{\text{C}_{32} \text{ (mg/d) heces}} \times \text{C}_{32} \text{ (mg/d) forraje} \right)}$$

$$(2) \text{ Minimizar } \sum [(\text{proporción estimada } i - \text{proporción observada } i)]^2$$

donde:

$$\text{proporción estimada } i = \frac{pA \times ciA + pB \times ciB + (1-pA-pB) \times ciC}{pA \times ctA + pB \times ctB + (1-pA-pB) \times ctC}$$

$$\text{proporción observada } i = \frac{ci \text{ heces} / rf}{ct \text{ heces} / rf}$$

i es cada alcano de la serie de alcanos considerada,

p es la proporción de A, B y C en la mezcla,

A, B y C son distintas especies forrajeras,

ci es el contenido (mg/kgMS) del alcano *i*,

ct es el contenido (mg/kgMS) total de alcanos considerados,

rf es la recuperación fecal.

Para la fórmula 1, el contenido de C₃₂ y C₃₃ en la dieta fue calculado a partir de la composición botánica de la dieta estimada con la fórmula 2, y el contenido de C₃₂ y C₃₃ en campo natural. Para estimar la composición botánica de cada potrero se calculó

un contenido promedio de C₂₉, C₃₁ y C₃₃ en el forraje con los valores individuales de los 3 días. Para evaluar la posibilidad de estimar la composición de la dieta y de los potreros con la fórmula 2, se realizó en forma preliminar un Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre el patrón de *n*-alcanos (% de cada *n*-alcano impar en el total de los *n*-alcanos considerados) de cada especie dominante, previa transformación de los valores porcentuales a clr (centered log ratios) según Aitchison (1986), usando el software SAS, versión 2009.