

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARACTERIZACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO EN PASTOREO DE VACAS
ANGUS, HEREFORD Y SUS CRUZAS F1 BAJO DIFERENTES
DISPONIBILIDADES DE FORRAJE EN CAMPO NATURAL EN TRES
MOMENTOS DE DETERMINACIÓN

por

Rodrigo FUMERO

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2016

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Phd. Ana Carolina Espasandín

Dr. Alberto Casal

Ing. Agr. Ana Astessiano

Ing. Agr. Matías Oborsky

Fecha: 15 de junio de 2016

Autor:

Rodrigo Fumero

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a la Ing. Agr. PhD. Ana Espasandín por su excelente disposición en todo momento para conmigo.

Y muy especialmente a mi familia, amigos y compañeros que estuvieron presentes acompañándome durante estos años de estudio.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VI
1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 <u>Objetivos generales</u>	2
1.1.2 <u>Objetivos específicos</u>	2
2 <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 COMPORTAMIENTO VACUNO EN SISTEMAS EXTENSIVOS	3
2.2 FACTORES QUE AFECTAN EL COSTO ENERGÉTICO DEL PASTOREO ...	4
2.2.1 <u>Factores que afectan el costo energético de locomoción</u>	5
2.2.2 <u>La velocidad media</u>	5
2.3 ENERGÍA CAMINATA	6
2.3.1 <u>Energía</u>	6
2.3.2 <u>Metodologías para estimar el costo de energía por caminata</u>	6
2.3.3 <u>Estimaciones del costo de energía</u>	7
2.4 LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL	8
2.5 HIPÓTESIS	9
3 <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	10
3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL	10
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	10
3.3 TRATAMIENTOS	11
3.4 CONDICIONES EXPERIMENTALES	12
3.5 DETERMINACIONES EXPERIMENTALES	14
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	15
4 <u>RESULTADOS</u>	17
4.1 COMPORTAMIENTO ANIMAL	17
4.1.1 <u>La actividad diaria</u>	17
4.1.2 <u>Bloques</u>	18
4.1.3 <u>Oferta de forraje</u>	18
4.1.4 <u>Grupo genético</u>	18
4.1.5 <u>Momento de determinación</u>	19
4.1.6 <u>Gasto energético</u>	19
4.2 ACTIVIDAD EN CADA HORA	20
4.2.1 <u>Disponibilidad de forraje</u>	20
4.2.2 <u>Genotipo</u>	21

4.2.3 <u>Momento de determinación</u>	22
5 <u>DISCUSIÓN</u>	23
6 <u>CONCLUSIONES</u>	25
7 <u>RESUMEN</u>	26
8 <u>SUMMARY</u>	27
9 <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	28

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Costo de energía neta de locomoción en bovinos según pendiente del terreno.	7
2. Tamaño de los potreros en hectáreas.	12
3. Peso vivo y condición corporal promedio de los animales.	13
4. Disponibilidad de forraje en cada tratamiento.	13
5. Horas de luz, amanecer y puesta de sol según momento de determinación de actividad de pastoreo.	14
6. Distancia diaria recorrida y velocidad media en cada uno de los escenarios planteados en el diseño experimental.	18
Figura No.	
1. Mapa representativo de los tratamientos en el bloque 1	11
2. Mapa representativo de los tratamientos en el bloque 2	11
3. Velocidad media de desplazamiento por hora (m/s) en vacas de cría en tres momentos fisiológicos diferentes.	17
4. Gasto energético por desplazamiento en kcal/día para cada uno de los tratamientos planteados en el diseño experimental	19
5. Velocidad media (m/s) en cada hora del día en función de la disponibilidad de forraje.	20
6. Velocidad media (m/s) para cada hora del día en función del grupo genético.	21
7. Velocidad media (m/s) en cada hora del día en función del momento de determinación.	22

1 INTRODUCCIÓN

El comportamiento de los animales en pastoreo depende de varios factores, entre ellos los principales condicionantes son los intrínsecos a las pasturas, siendo la disponibilidad y la estratificación de la misma factores influyentes en el comportamiento del animal.

En el pastoreo en “parches” comúnmente visto en campo natural el animal debe realizar un balance entre maximizar el consumo de energía promedio a largo plazo, realizando una selección de las ganancias de energía de varios “parches” y el costo en tiempo y energía para desplazarse, buscar y manipular el alimento (Stephens y Krebs, 1986).

Cuando la cantidad de pasto disminuye dentro de cierto rango el animal compensa la disminución en la tasa de consumo debido al menor tamaño de bocado, aumentando la tasa de estos. Sin embargo, a medida que el forraje sigue disminuyendo la tasa de consumo va a ser determinada principalmente por el tamaño de bocado y por tanto va a disminuir (Hudson y Nietfield 1985, Penning 1986).

Quinn y Hervey (1970) reportaron diferencias entre novillos de un año pastoreando en cargas ligeras, moderadas y altas (1,2 2,2 y 3,5 animales/ha) en potreros de 20 ha. Los animales en los tratamientos con carga ligera, caminaron en promedio 2,4 km, mientras que los de los tratamientos moderada y alta caminaron 3,2 km. Los autores explican las diferencias encontradas debido a que los novillos en carga ligera tuvieron la oportunidad de completar su alimentación más rápidamente y descansar por más tiempo, mientras que en las otras situaciones la competencia los obligó a pastorear por más tiempo y a ampliar su área de pastoreo.

El costo energético debido a la locomoción del ganado ha sido postulado por varios autores los cuales difieren hasta cierto punto en la magnitud del mismo y serán presentados posteriormente en este trabajo, dependiendo del autor y la situación de estudio. También difiere en gran medida el peso que se le otorga al costo energético de locomoción en el total del costo de mantenimiento del animal. Por otro lado, Di Marco y Aello (2003) postulan que el costo de caminata per se no afectaría los niveles de producción ya que el mismo es bajo y le asignan un mayor peso al costo de cosecha del forraje.

No existen muchos estudios sobre la velocidad media de desplazamiento en vacunos, pero es un elemento útil y fácil de estimar. Hoy en día, gracias a las nuevas tecnologías de GPS (Global Positioning System) es posible conocer los movimientos de los animales y asociarlos al comportamiento y gasto energético del animal.

Por su parte, la genética aparece como una herramienta para mejorar la eficiencia productiva en los sistemas pastoriles gracias al efecto de la heterosis (Rovira, 1974). El

trabajo de Espasandín et al. (2010), demuestra la superioridad de las cruzas en condiciones pastoriles de Uruguay entre las razas Angus y Hereford. En el porcentaje de procreo, las diferencias encontradas fueron de 10,5 % superior en las vacas cruza, en tanto los pesos al destete de los terneros hijos de madres cruza fueron entre 3,6 % y 11 % superiores.

En este contexto parece pertinente estudiar detenidamente el efecto de la disponibilidad de distintas pasturas así como de los recursos genéticos involucrados, en el comportamiento de locomoción de los animales en pastoreo, para comprender con profundidad los factores que influyen en el desempeño y gasto energético del animal.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos generales

Evaluar la distancia diaria recorrida y la velocidad media de movimiento de vacas multíparas Hereford, Angus y sus cruzas F1 recíprocas sometidas a alta y baja asignación de campo natural en distintos momentos del año.

1.1.2 Objetivos específicos

Realizar una caracterización precisa del movimiento de la vaca a lo largo del día y en diferentes momentos del año.

Estudiar el efecto de esta actividad en el costo energético de locomoción de los animales en pastoreo mediante el método publicado por Brosh et al. (2006)

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 COMPORTAMIENTO VACUNO EN SISTEMAS EXTENSIVOS

El ganado de carne en pastoreo en sistemas extensivos se encuentra en una situación compleja y dinámica dada por una interrelación entre el animal, la vegetación y el ambiente. Es por tanto, una interacción de factores bióticos y abióticos que los productores deben manipular, gestionar y entender para lograr eficiencia y rentabilidad. El estudio del comportamiento animal se basa en trabajos realizados en animales silvestres buscando que el hombre tenga la menor interferencia posible en el comportamiento de los vacunos (Kilgour, 2012).

Austin, citado por Polanía (2012) describe el comportamiento animal como un patrón cíclico que ocurre en respuesta a señales internas o externas, las cuales se dan en ciclos regulares. En el caso del ganado en pastoreo el mismo sigue el ciclo claro-oscuro, pastoreando, abrevando, rumiando y descansando de manera similar todos los días.

Entre las características más observadas en el comportamiento alimentario del ganado en pastoreo se encuentra su patrón diurno. La actividad de ingesta considerando un día completo como referencia tiene dos eventos principales al amanecer y atardecer, y otros importantes al medio de la mañana e inicio de la tarde. Los dos primeros se caracterizan por pastoreos largos y continuos, mientras que el tiempo restante se da un pastoreo intercalado con descansos y rumias (Fraser et al., 1997).

En una reseña de 22 artículos Kilgour (2012) encontró 40 categorías de comportamiento identificable en el ganado, siendo el pastoreo la actividad más comúnmente encontrada seguida de la rumia y el reposo, en general estas 3 actividades componen el 90-95% de las actividades diarias. La reseña también arrojó que la mayor parte del pastoreo se realizó durante el día, con muy poca actividad nocturna momento en el cual predominó el reposo y la rumia, siendo este último más común en posición echado que parado. Se encontró que los animales generalmente siguen un ritmo diurno caracterizado por picos de actividad de pastoreo asociados al amanecer y el atardecer.

La actividad de los animales, entre ellas la caminata en que incurre durante el pastoreo y los desplazamientos a las fuentes de agua, corrales o potreros, generan un gasto de energía. Esta actividad varía para cada día en cada situación productiva y está generalmente asociada a la calidad y disponibilidad de la pastura.

Existen factores intrínsecos al animal que afectan sus necesidades energéticas; razas de mayor tamaño corporal deben transportar mayor masa durante el pastoreo (García y Wright, 2007). El ganado que contiene genes de *Bos Indicus* tiende a caminar más diariamente que los *Bos Taurus* (Hafez y Bouissou, 1975). A pesar de eso, razas dentro de *Bos Taurus* no deberían desplazarse diferencialmente si son manejados juntos (Oldenbroek y Jansen, 1979).

Trabajos realizados con podómetros por Anderson y Urquhart (1986) señalaron que las vacas Hereford se desplazaron menos que las cruza de Hereford con Santa Gertrudis reafirmando la hipótesis de que *Bos Indicus* camina más a diario que *Bos Taurus*. Cabe destacar, que la distancia total recorrida a diario no fue influenciada por condiciones fisiológicas, en donde las vacas en su último trimestre de gestación no caminaron diferencialmente a las no preñadas ($P>0,75$).

Sánchez y Ortiz (1977) encontraron correlaciones significativas entre la distancia recorrida por vacas Hereford y Angus gestantes con respecto a la velocidad del viento (10 a 23 km/h) y humedad relativa (26 a 35 %) siendo las mismas de 0,94 y 0,92 respectivamente ($P<0,01$).

Con pasturas de menor densidad los animales necesitan caminar más para cubrir sus requerimientos; el gasto de energía puede por lo tanto ser superior a la ventaja de seleccionar forraje de alta calidad. Scarlato García (2011) encontró que el tiempo de pastoreo y rumia en condiciones de campo natural en Uruguay fue afectado por la disponibilidad de forraje para vacas Hereford, Aberdeen Angus y sus cruza F1: las vacas en alta oferta de forraje (4 kg MS/kg PV) pastorearon menos tiempo y rumiaron durante más tiempo que las de baja oferta (2,5 kg MS/kg PV).

Cuando la carga animal por día es muy alta el ganado está presionado a pastorear más cerca de la tierra. La calidad y la energía suministrada por el forraje disminuyen, y a su vez el gasto de energía debido a la actividad se vuelve menos importante (García y Wright, 2007).

La distancia que caminan los animales en pastoreo depende de varios factores que incluyen el tamaño del área de pastoreo, la cantidad de pasto disponible, la cercanía a la fuente de agua, y las estrategias de manejo (Anderson y Kothmann, 1977).

2.2 FACTORES QUE AFECTAN EL COSTO ENERGÉTICO DEL PASTOREO

Existen varios factores que afectan la energía necesaria para las actividades de pastoreo, entre ellas se encuentra el tiempo que le dedican al mismo, la tasa de bocado, la distancia que recorren los animales y a qué velocidad se realiza el recorrido.

La tasa de bocado es una variable dependiente de la disponibilidad de forraje. Así, a mayor disponibilidad, los animales realizan una cosecha dada por bocados grandes a baja intensidad. En la medida que el forraje disminuye y se vuelve una limitante para el tamaño de bocado, la tasa de bocado comienza a aumentar para compensar dicha pérdida.

En cuanto al tiempo de pastoreo, el mismo varía en función de las condiciones ambientales, y las propias del animal.

Los costos de energía atribuidos al pastoreo difieren bastante dependiendo de los autores.

Osuji (1974) determinó valores promedio de gasto energético de 0,45 kcal/kg/h de energía neta, mientras que encontró valores de 0,14 kcal/kg/h y 0,46 kcal/kg/h para situaciones de moderada y máxima tasa de bocado respectivamente.

2.2.1 Factores que afectan el costo energético de locomoción

El gasto energético debido al desplazamiento propiamente dicho va a depender de la distancia, la velocidad y la topografía del terreno. Di Marco y Aello (1998b) consideran distancias diarias de entre 2 y 8 km, dependiendo en parte del tamaño del potrero y las posición de los bebederos y sombras (potreros de entre 9 y 1464 has) y velocidades de entre 2 a 5 km/h para vacas en desplazamiento a ordeño o bebederos.

En cuanto a la energía neta necesaria para locomoción, también aparecen resultados diferentes, desde 0,45 kcal/kg/km encontrados por Brody (1945), a 0,09 kcal/kg/km en plano, y 0,16 kcal/kg/km en pendiente encontrado por Di Marco y Aello (1998a).

Las características de la pastura son determinantes de la productividad animal en pastoreo. Solo una fracción del forraje disponible es utilizable por los animales, por lo que el comportamiento de los animales puede indicar la calidad y cantidad del forraje utilizable, factores controlables a simple vista como la tasa de bocado o la conducta de búsqueda pueden indicar si la utilización es realmente la predicha (Polanía, 2012).

2.2.2 La velocidad media

La velocidad media es una magnitud que relaciona la distancia recorrida por un objeto en un periodo de tiempo acotado, su estudio en animales ha sido interesante ya que es un indicador fácil de determinar y existe una estrecha relación entre la velocidad y el gasto de energía.

Son múltiples los factores que afectan a la velocidad media, para animales en pastoreo depende de las condiciones de la pastura, de la posición de los bebederos, de las condiciones climáticas, del estado del animal, del tamaño del potrero y de su interacción con el grupo. La velocidad media diaria en cabras con aptitud lechera fue descrita por Sánchez Rodríguez et al. (1990) como de 0,28 m/s, en el mismo experimento la velocidad en la actividad de desplazamiento propiamente dicha fue 1 km/h.

Meuret et al. (1985) describieron en cabras tres velocidades de desplazamiento asociadas a distintas actividades. Con velocidades de 0,1 m/s los animales se encuentran únicamente pastando, con velocidades de 0,3 m/s realizan un pastoreo con desplazamiento, y a 0,8 m/s están puramente desplazándose.

Alende et al. (2013) calcularon la velocidad de desplazamiento de la tropa (27 vaquillonas de 15 meses) del potrero a los embarcaderos en tres tratamientos; calmo sin perros, ladridos grabados, y con perros. Como resultado, encontraron velocidades de 6,9, 9,6 y 12,4 km/h de desplazamiento, respectivamente.

D'Hour et al. (1994) encontraron diferencias en la velocidad de desplazamiento durante el arreo de tres razas lecheras (Holstein, Montebellierde y Tarentaise) que fueron de 1,10 en Montbellierde a 1,71 m/s en Tarentaise. Los autores no observaron correlación con el peso vivo de los grupos y atribuyen las diferencias al comportamiento durante la caminata; encontraron mayor número de aceleraciones espontaneas en Tarentaise, y mayor número de detenciones o desvíos en Montebellierde y en menor medida en Holstein.

No se encontró información sobre la velocidad media de vacunos durante el pastoreo, los trabajos existentes únicamente estudiaron la velocidad durante situaciones de desplazamiento propiamente dicho, en general el foco de los estudios se centra en la distancia y no se le presta atención a la velocidad que con mayor información podría ser un elemento para determinar en qué situación están pastoreando los animales.

2.3 ENERGÍA CAMINATA

2.3.1 Energía

La energía universalmente se define como la capacidad de realizar un trabajo. Existe en diferentes formas de energía, entre ellas la química, cinética (calor), o eléctrica. Para el caso de la producción animal se pone el foco en la energía química, la que el animal obtiene al ingerir alimentos y utiliza para el trabajo celular, y la cinética que es la forma en que el animal “pierde” la energía ingerida que no queda retenida como producto (Di Marco y Aello, 2003).

De la energía metabolizable (EM) consumida por el animal, una fracción no es retenida y se denomina calor (C) y la restante se fija como producto (ER) de acuerdo con la relación $EM = \text{Calor} + ER$.

El calor resulta de los procesos fisiológicos y metabólicos que utilizan ATP, en el cual aparece la contracción muscular (Di Marco y Aello, 2003).

2.3.2 Metodologías para estimar el costo de energía por caminata

Existen distintas metodologías para estimar el gasto de energía debido al desplazamiento de los animales. Entre ellos se destacan la calorimetría directa o indirecta. En la primera, el animal se confina por un corto tiempo en calorímetros o cámaras de respiración y en la indirecta la estimación se realiza mediante parámetros fisiológicos

como la frecuencia cardíaca, intercambio gaseoso y tasa de dilución de radiocarbono los cuales se encuentran correlacionados con la producción de calor (Di Marco y Aello, 1998a).

Como otra metodología se ha evaluado el gasto energético de caminata por el efecto que implican en los parámetros productivos (Di Marco y Aello, 1998a). En la actualidad las metodologías de trabajo se combinan con sistemas de posicionamiento geográfico, que permiten seguir la ubicación y la distancia recorrida por el ganado en pastoreo libre (Brosh et al., 2006).

Sahlu et al. (1988) consideraron la técnica del radiocarbono como la más apropiada para estudios de vacunos en pastoreo, dado que se puede llevar a cabo sin interferencias a los animales durante sus actividades de desplazamiento o pastoreo en el potrero.

2.3.3 Estimaciones del costo de energía

Existen diferencias entre los autores en cuanto al costo energético demandado por la locomoción en los vacunos. En el cuadro 1 se muestran los resultados del costo energético en kcal/kgPV/km para el desplazamiento realizado por vacunos en plano horizontal y vertical, provenientes de una revisión realizada por Lachica y Aguilera (2005).

Cuadro 1. Costo de energía neta de locomoción en bovinos según pendiente del terreno.

Pendiente	Costo en energía neta (kcal/kgPV/km)		Referencia
	Horizontal	Vertical	
0	0,48		Brody (1945)
0	0,50		Ribeiro et al. (1977)
6		6,21	Ribeiro et al. (1977)
0	0,37		Shibata et al. (1981)
5		5,74	Shibata et al. (1981)
10		7,24	Shibata et al. (1981)
6		6,36	Thomas y Pearson (1986)
0	0,46		Lawrence y Stibbards (1990)
0	0,15		Méndez et al. (1996)
0	0,35		Dijkman y Lawrence (1997)
0	0,09		Di Marco y Aello (1998a)
	0,69*		Brosh et al. (2006)

*kcal/kgPM/km

Fuente: modificado de Lachica y Aguilera (2005)

Al observar el cuadro 1 de costo energético de locomoción en bovinos según pendiente se encuentran algunas diferencias entre autores; Di Marco y Aello (1998a) junto a Méndez et al. (1996) le asignan un costo a la locomoción que es inferior al que le asignan otros autores, esta diferencia según Lachica y Aguilera (2005) podría deberse a que el método utilizado fue la tasa de entrada de CO₂ utilizando C₁₄, y consideran que una posible explicación es que no consideraron distintos niveles de recuperación del C₁₄ cuando los animales se encontraban ejercitándose o en reposo. También se observa coincidentemente entre los autores la importante diferencia entre el desplazamiento horizontal y el vertical, siendo en promedio el costo energético del desplazamiento vertical 19 veces mayor al horizontal.

2.4 LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

Los sistemas GPS se manejan para estudiar el uso del ambiente y el comportamiento de los rumiantes desde los años 90. A pesar del uso extendido de los mismos en el área de investigación, su utilización en sistemas productivos comerciales ha sido escasa (Cibils y Brizuela, 2009).

El GPS sigla de Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global) es un sistema basado en tres segmentos principales, el espacio, el control y el usuario (Navstar GPS... 1996). El sistema o constelación de satélites que utiliza el GPS se denomina Navstar y es operado por el Gobierno de los Estados Unidos.

Las señales de radio del satélite permiten al receptor GPS medir el tiempo de tránsito de las señales y por dicha forma determinar el rango entre cada satélite y el receptor. Navstar cuenta con 24 satélites en órbita a una distancia media de 20200 km de la superficie terrestre, la señal con los datos de navegación es decodificada por el receptor y permite calcular la posición de cada satélite en el tiempo que la señal es transmitida. El receptor luego usa esta información para determinar su propia posición, realizando cálculos similares a los usados por otros sistemas de medidas de distancia. Conceptualmente cada medida de rango define una esfera centrada en el satélite. La intersección entre el punto de la esfera sobre o cerca de la superficie de la tierra define la posición del receptor (Navstar GPS... 1996).

Para el posicionamiento GPS un mínimo de 4 satélites es normalmente requerido simultáneamente “a la vista” del receptor, los mismos provén 4 medidas de rango, esto permite al receptor calcular los 3 parámetros no conocidos representando su posición (3 dimensiones), a su vez con un cuarto parámetro representando el error del reloj del usuario. Estimaciones precisas del tiempo son requeridas para un posicionamiento

preciso, ya que un error de 3 nanosegundos es aproximadamente equivalente a un error de 1 metro de distancia (Navstar GPS... 1996).

La precisión de los GPS está definida por cuatro factores principales. En primer lugar, la posición relativa de los satélites al momento de la grabación, seguido de la obstrucción de las ondas del satélite por obstáculos físicos y el número de canales del receptor GPS (que indica la cantidad máxima de satélites que el dispositivo puede localizar en simultáneo). Por último, el grado de precisión del aparato, que depende de si el mismo registra o no una posición, cuando se entablan menos de 4 señales de satélites (Buerkert y Schlecht, 2008).

Buerkert y Schlecht (2008) compararon 3 receptores GPS (de 16, 12 y 6 canales) en cabras y encontraron desviaciones absolutas por minuto (usado como indicador de la precisión) de hasta 19,4 y 39,8 metros en latitud y longitud respectivamente, en condiciones de cielo abierto y comparando los receptores de a pares. En el trabajo fue encontrada la dilución de la precisión (DOP) como una covariable muy significativa, la cual una vez incluida eliminó la significancia de las diferencias.

2.5 HIPÓTESIS

La revisión bibliográfica previamente presentada llevo al planteamiento de varias hipótesis para el trabajo a realizar, las mismas se presentan a continuación.

La asignación de forraje interactúa con la distancia diaria recorrida en forma independiente del grupo genético al que pertenece.

El grupo genético de la vaca presenta efecto sobre la distancia diaria recorrida, independientemente de la asignación de forraje.

La velocidad de movimiento media, no difiere entre grupos genéticos ni asignaciones de forraje.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos para este estudio fueron aportados por el Proyecto de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación “Estimaciones de energía de mantenimiento en vacas de cría en pastoreo de campo natural” correspondiente al Fondo María Viñas 2009-2163 desarrollado en la Estación Experimental Bernardo Rosengurt de la Facultad de Agronomía.

Los animales en estudio fueron 24 vacas de cría multíparas de genotipos Hereford, Aberdeen Angus y sus Cruzas F1, junto a vacas volantes que entraban o salían para el ajuste de la oferta de forraje según el método “put and take” descrito por Van Keuren et al. (1969).

Se colocaron registradores de geoposicionamiento satelital del modelo GPS-Garmin eTrex Vista simultáneamente a 4 animales de cada tratamiento. Los mismos fueron controlados dos veces al día (aproximadamente a las 9 y 19 hs) llevando los animales a las mangas para reponer las baterías. Los GPS determinaron el movimiento de los animales, siendo la información levantada la distancia recorrida por los mismos, la posición, la velocidad y el tiempo entre cada dato registrado.

3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

Las determinaciones fueron realizadas en tres momentos en los que las vacas se encontraban en distintos estados fisiológicos. El primero en el mes de diciembre del año 2011, el segundo en junio del 2012 y el último en mayo de 2013. El mismo se llevó a cabo en la Estación Experimental Bernardo Rosengurt Facultad de Agronomía, km 404 de la ruta 26 en el Departamento de Cerro Largo. Las mediciones se efectuaron durante 4 días consecutivos en cada Bloque y en cada momento previamente mencionado.

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño utilizado fue de bloques al azar: 2 bloques siendo el arreglo factorial de 2x3 con dos asignaciones de forraje, (alta y baja) y tres grupos genéticos: Hereford (HH), Aberdeen Angus (AA) y sus cruza F1 (HHxAA y AAxHH). La unidad experimental consistió en cada grupo genético pastoreando en cada asignación de forraje.

La repetición del experimento en tres momentos generó información para tres condiciones fisiológicas diferentes. En diciembre del año 2011 los animales se encontraban lactando (40-50 días postparto), en junio del 2012 con 6 meses de gestación, y mayo del 2013 las mismas se encontraban con sus crías recién destetadas.

3.3 TRATAMIENTOS

De acuerdo con las combinaciones de oferta de forraje y grupo genético, se establecieron los tratamientos:

Angus Alta
Angus Baja
Hereford Alta
Hereford Baja
Cruzas Alta
Cruzas Baja

En las siguientes figuras se muestran mapas de los tratamientos en cada bloque obtenidos de Google Earth®.

Figura 1. Mapa representativo de los tratamientos en el bloque 1.

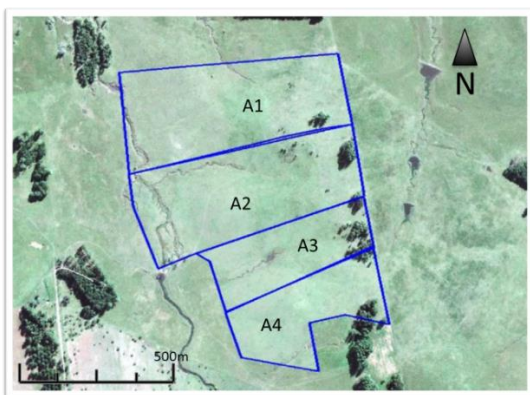
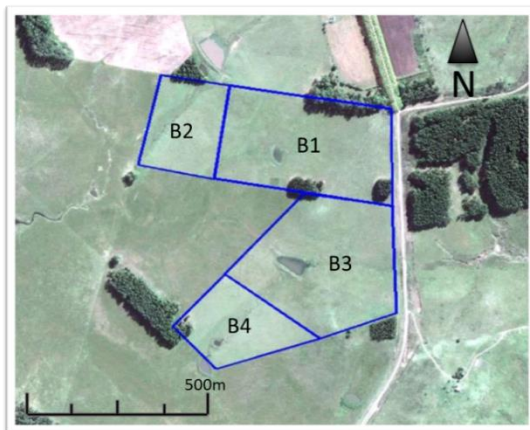


Figura 2. Mapa representativo de los tratamientos en el bloque 2.



Siendo:

- A1. Cruza Alta
- A2. Pura (Angus y Hereford) Alta
- A3. Pura (Angus y Hereford) Baja
- A4. Cruza Baja
- B1. Pura (Angus y Hereford) Alta
- B2. Cruza Baja
- B3. Cruza Alta
- B4. Pura (Angus y Hereford) Baja

Cada Bloque constituyó una repetición en el espacio, en tanto cada momento correspondió a una repetición en el tiempo.

Los tratamientos de cada bloque se realizaron en potreros de distintos tamaños siendo variable desde 5,3 hectáreas a 19,5. El tamaño de potrero para cada tratamiento se presenta en el cuadro número 2.

Cuadro 2. Tamaño de los potreros en hectáreas.

Potreros.	Hectáreas	
Bloque 1	A1	19,5
	A2	19,4
	A3	9,4
	A4	9,8
Bloque 2	B1	12,3
	B2	5,3
	B3	12,7
	B4	5,4

3.4 CONDICIONES EXPERIMENTALES

Durante el período de trabajo se cuantificó la disponibilidad de forraje en kg de MS/ha (Haydock y Shaw, 1975), las horas de amanecer, puesta de sol y el largo del día.

En los animales se determinó el peso vivo en kg y la condición corporal al inicio de cada momento de evaluación, la distancia recorrida en metros, la posición, la velocidad y el tiempo entre cada dato registrado por los registradores de geoposicionamiento.

El peso vivo promedio de los animales al igual que la condición corporal se presenta a continuación en el cuadro 3 para cada grupo de estudio.

Cuadro 3. Peso vivo y condición corporal promedio de los animales.

	Peso Vivo en kg	Condición corporal
Destete	461	4,5
Gestación	480	4,3
Lactación	408	4,2
Alta	443	4,3
Baja	439	4,3
Hereford	422	4,5
Angus	437	4,1
Cruza	465	4,5

Las disponibilidades de forraje en kg de materia seca por hectárea para cada tratamiento y bloque se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Disponibilidad de forraje en cada tratamiento.

Tratamiento	Disponibilidad (kg MS/ha)		
	Lactación (primavera)	Gestación (invierno)	Destete (otoño)
Alta bloque 1	740	1517	1913
Baja bloque 1	510	764	542
Alta bloque 2	1405	1677	1111
Baja bloque 2	922	1025	579

La disponibilidad de la pastura se determinó mediante el método de doble muestreo de Haydock y Shaw (1975) en el cual la disponibilidad de los cuadrantes muestreados al azar es clasificada con respecto a un conjunto de cuadrantes de referencia preseleccionados. Los mismos se encuentran disponibles para referencia durante todo el muestreo y permiten proporcionar una escala de clasificación. A pesar de considerarse los tratamientos contrastantes como disponibilidad alta y baja se debe aclarar que todas las situaciones se encontraban con niveles de disponibilidad de materias seca muy bajos

siendo en todos los casos limitantes para el consumo con alturas de pasto de entre 2 y 7 centímetros para la mayoría de los tratamientos.

En el cuadro 5 se presentan las horas de luz al amanecer y puesta de sol promedio para los días en que se realizaron los muestreos.

Cuadro 5. Horas de luz, amanecer y puesta de sol según momento de determinación de actividad de pastoreo.

	primavera	invierno	otoño
Amanecer	5:35	7:18	7:16
Puesta de sol	19:07	17:48	17:50
Horas de luz	13h, 32 min	10h, 30 min	10h, 34 min

3.5 DETERMINACIONES EXPERIMENTALES

El tiempo entre cada dato registrado fue variable por el funcionamiento del GPS, que consideró intervalos más cortos cuando el animal se encontraba en movimiento (entre 1 y 3 segundos), e intervalos más largos cuando el animal se encontraba quieto (de hasta 3 horas).

Los registros del GPS fueron descargados mediante el programa MapSource® versión 6.16.3, descartándose los momentos en los que el animal era dirigido a las mangas. De esta forma, solamente fueron utilizados los movimientos del animal dentro del potrero de estudio extrapolándolos a un período de 24 horas.

Los datos obtenidos se estudiaron de dos formas, comparando el comportamiento de los animales en el total del día y posteriormente analizándolos en cada hora.

Para la actividad diaria los parámetros estudiados fueron la distancia de locomoción (en m), la velocidad media de recorrida (en m/s) y la energía neta necesaria por locomoción (en kcal).

En el caso de la actividad en cada hora únicamente se analizó la velocidad media en m/s, ya que el análisis de distancia recorrida y gasto energético de locomoción fue redundante cuando ambas variables son directamente dependientes de la distancia recorrida por el animal en un período de tiempo.

Partiendo de las distancias obtenidas mediante el procesamiento de los datos seguidamente se aplicó la fórmula de Brosh et al. (2006) para estimar el costo energético

debido a la locomoción (EL); $EL = 0,69 \text{ kcal/km/PM}$ siendo “km” la distancia caminada por el animal en kilómetros y “PM” el peso metabólico.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

El diseño del experimento fue de bloques completos al azar.

La unidad experimental consistió en la combinación entre oferta y genotipo, siendo cada combinación de los mismos el tratamiento que conformaba cada parcela.

El modelo de análisis fue lineal, considerando los efectos fijos de Bloque (n=2), Genotipo (n=3), Oferta de forraje (n=2), Momento de determinación (n=3) y las interacciones existentes entre ellos.

El modelo esquematizado se describe como:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + G_j + O_k + G*O*M_{jkl} + M_l + \epsilon_{ijkl}$$

- Y_{ijkl} : variable de respuesta en el grupo genético j, oferta k, bloque i y momento l.
- μ : Media general
- B_i : Efecto relativo del bloque, bloque 1 y bloque 2.
- G_j : Efecto relativo del genotipo. Puras (Hereford y Angus), Cruza (F1).
- O_k : Efecto relativo de la oferta de forraje. Alta y Baja oferta de forraje.
- $G*O*M_{ijl}$: Efecto relativo de la interacción entre Genotipo, Oferta y Momento.
- M_l : Momento de determinación: lactancia, gestación y destete.
- ϵ_{ijkl} : Error experimental asociado a cada observación.

Las hipótesis estadísticas del modelo son:

- $H_0: G_1 = G_2$.
- H_a : al menos un $G \neq$ de los demás.
- $H_0: O_1 = O_2$.
- H_a : al menos un $O \neq$ de los demás.
- $H_0: M_1 = M_2 = M_3$.
- H_a : al menos un $M \neq$ de los demás.
- H_0 : No existe interacción entre los factores
- H_a : Existe interacción

Para el estudio de la significancia de los efectos se realizó análisis de varianza y las medias de mínimos cuadrados se compararon mediante el test de Tukey usando una significancia estadística de $Pr F < 0,05$. Cuando $0,05 < PrF < 0,1$ el efecto fue considerado como tendencia estadística.

Para el estudio de asociación entre variables fueron realizados análisis de correlación simple de Pearson.

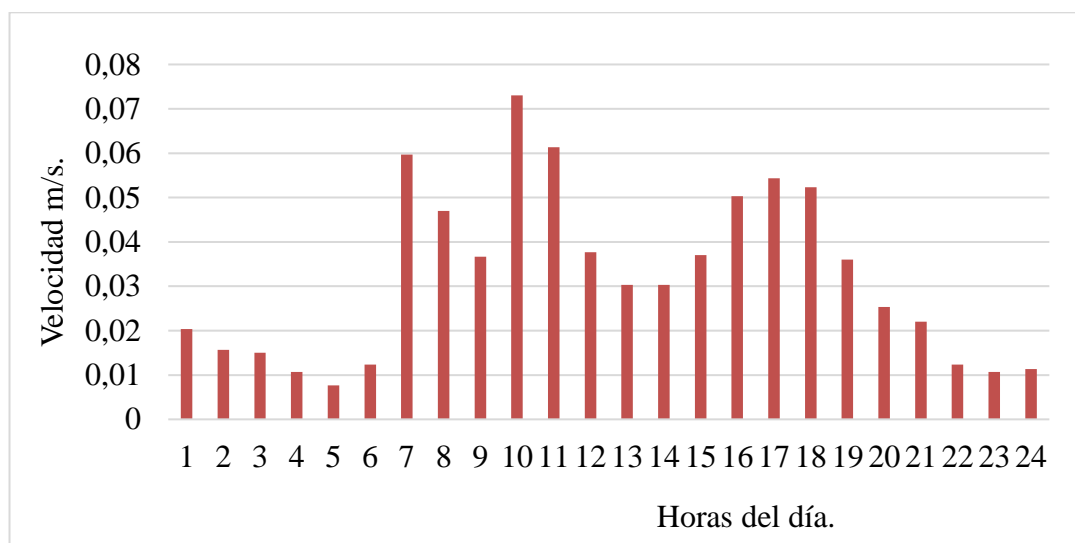
Los análisis estadísticos se realizaron mediante el software libre estadístico Infostat versión 2014.

4 RESULTADOS

4.1 COMPORTAMIENTO ANIMAL

En la figura 3 se presenta de forma gráfica la velocidad media de desplazamiento realizada por el total de los animales en cada hora del día. El mismo surge de los resultados obtenidos mediante el análisis de la información aportada por los dispositivos GPS “Garmin Etrex”.

Figura 3. Velocidad media de desplazamiento (m/s) para cada hora del día.



El comportamiento de los animales mostró picos de mayor actividad de movimiento alrededor de las 7 am, 10 am, y al atardecer (superiores a 0,05 m/s). Las velocidades medias más bajas se registraron en las horas de la noche entre las 22 y 6 hs siendo estas de entre 0,01 y 0,02 m/s. El registro más alto correspondió a la hora 10 am con una velocidad media horaria de 0,073 m/s, y el más bajo a las 5 am con una velocidad media horaria de 0,008 m/s.

4.1.1 La actividad diaria

En el cuadro 6 se pueden observar los resultados del análisis estadístico, agrupados según los efectos de Bloque, Oferta, Grupo genético y Momento de determinación, los parámetros estudiados fueron Distancia diaria en metros y velocidad media en metros por segundo.

Cuadro 6. Distancia diaria recorrida y velocidad media en cada uno de los escenarios planteados en el diseño experimental.

		Distancia diaria (m)	Desvío estándar	Velocidad media (m/s)	Desvío estándar
Bloque	1	2777 ^{ns}	215	0,032 ^{ns}	0,002
	2	2555 ^{ns}	181	0,032 ^{ns}	0,002
Oferta	Alta	2988 ^a	196	0,036 ^a	0,002
	Baja	2314 ^b	195	0,028 ^b	0,002
Grupo genético	Hereford	2838 ^{ns}	236	0,034 ^{ns}	0,003
	Angus	2672 ^{ns}	245	0,032 ^{ns}	0,003
	Cruza	2445 ^{ns}	238	0,030 ^{ns}	0,003
Momento	Destete	3453 ^a	244	0,040 ^a	0,003
	Gestación	2482 ^b	294	0,029 ^b	0,003
	Lactancia	2014 ^b	203	0,027 ^b	0,002

Valores con distinta letra en misma columna difieren significativamente $p < 0,05$

4.1.2 Bloques

Al observar los resultados según grupos de análisis, no se encontraron diferencias estadísticas para el efecto bloque en ninguna de las variables presentadas, demostrando que el potrero no influyó significativamente en los resultados para distancia diaria, velocidad media y energía de locomoción.

4.1.3 Oferta de forraje

La distancia diaria recorrida por vacas mostró diferencias según la oferta de forraje asignada en cada tratamiento. Vacas con alta disponibilidad caminaron significativamente más (2988 m $p < 0,05$) que con baja disponibilidad (2314 m), en promedio esta diferencia fue de 674 m/día.

La velocidad media diaria siguió el mismo comportamiento ($p < 0,05$), con las vacas en alta disponibilidad caminando 0,036 m/s, en promedio 0,008 m/s más que las restantes.

4.1.4 Grupo genético

No se observaron diferencias entre genotipos puros y cruza para distancia diaria y velocidad media. Las vacas Hereford y Angus caminaron 2838 m y 2672 m respectivamente, mientras que las cruza caminaron 2445 m, con velocidades muy similares en torno a 0,03 m/s.

4.1.5 Momento de determinación

Al analizar los datos en los diferentes momentos, las vacas al momento destete difieren significativamente de lactancia y gestación ($p < 0,01$), siendo las distancias diarias recorridas por destetadas 3453 m, las gestantes 2482 m y 2014 m las lactantes; las diferencias porcentuales ascienden a un 39 % y 71 % respectivamente.

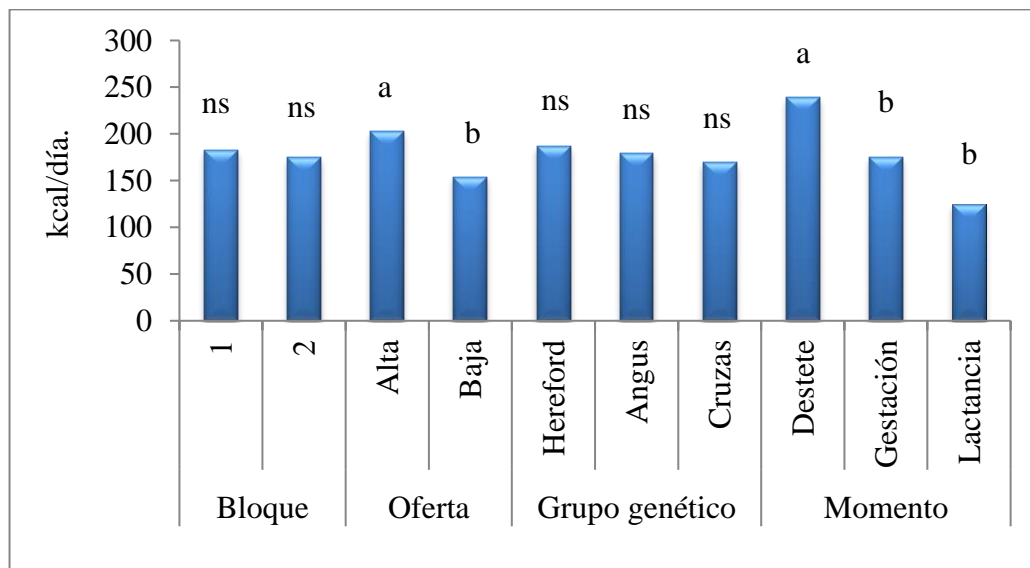
En la velocidad media, las diferencias en magnitud ($p < 0,01$) fueron de 0,011 y 0,013 m/s al contrastar destete (0,040 m/s) contra gestación (0,029 m/s) y lactancia (0,027 m/s) respectivamente.

4.1.6 Gasto energético

Al analizar los costos de energía debidos a la locomoción se utilizaron los parámetros encontrados por Brosh et al. (2006) en vacas de carne, (0,69 kcal/km/PM).

Los resultados encontrados se pueden observar de forma gráfica en la figura número 4 la cual muestra los gastos de energía por desplazamiento en kcal/día para los tratamientos realizados en el experimento.

Figura 4. Gasto energético por desplazamiento en kcal/día para cada uno de los tratamientos planteados en el diseño experimental.



Letras distintas indican diferencias significativas $P < 0,05$

Al graficar los gastos energéticos de locomoción se observa que únicamente existieron diferencias significativas en la oferta de forraje y en el momento de

determinación siendo los tratamientos alta oferta, y momento destete los que se diferenciaron significativamente.

La energía necesaria para la locomoción no presentó diferencia en los bloques ni entre los distintos genotipos. La asignación causo en promedio un 31 % más de energía necesaria para la locomoción entre las vacas con alta disponibilidad (202,52 kcal) y las con baja (154,09 kcal).

En cuanto al momento las vacas en destete necesitaron significativamente más energía de locomoción que las gestantes y lactantes siendo esta diferencia de un 37 % más con respecto a las gestantes y un 92 % con respecto a las lactantes. Las vacas de destete requirieron 239,29 kcal de energía neta, mientras que las gestantes y lactantes requirieron 174,95 y 124,35 kcal respectivamente.

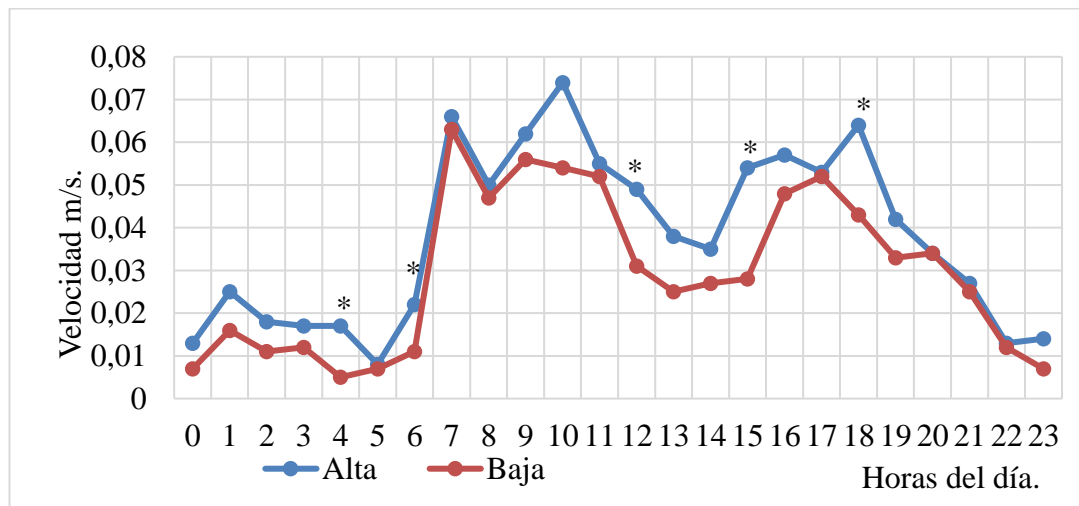
4.2 ACTIVIDAD EN CADA HORA

Los resultados obtenidos del estudio de la velocidad se desarrollan en los siguientes párrafos, a modo general la velocidad promedio diaria para todos los animales fue de 0,033 m/s.

4.2.1 Disponibilidad de forraje

En la figura 5 se presenta la velocidad media estimada para cada tratamiento, en metros por segundo (m/s) para cada hora del día según la asignación de forraje independiente de la época de determinación.

Figura 5. Velocidad media (m/s) en cada hora del día en función de la disponibilidad de forraje.



Valores con * difieren significativamente $p < 0,05$.

Cuando se analiza la velocidad media según la hora del día para distintas disponibilidades de forraje se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) a las 4, 6, 12, 15 y 18 hs siendo siempre la mayor velocidad para las vacas pastando en alta disponibilidad de forraje. Las diferencias fueron en promedio de un mínimo de 0,011 m/s a las 6 am, a un máximo de 0,026 m/s a las 15 h.

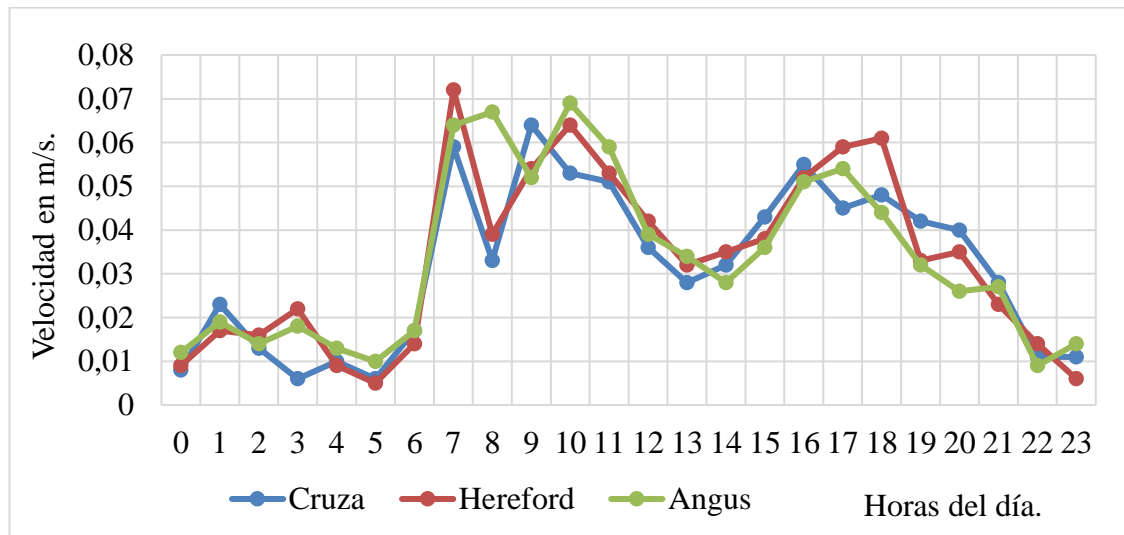
Al convertir estas diferencias a metros por hora se observa que dentro de una hora de actividad las diferencias fueron de entre de 0 a 93,6 m/h.

Los registros más elevados de velocidad media se observaron a las 10 am (0,074 m/s) en los animales pastoreando en alta disponibilidad y a las 7 am (0,063 m/s) en la situación de baja disponibilidad, mientras que los registros más bajos se observaron a las 5 am y a las 4 am respectivamente con velocidades medias de 0,008 y 0,005 m/s.

4.2.2 Genotipo

La figura 6 muestra la velocidad media en metros por segundo (m/s) en cada hora del día, para los distintos grupos genéticos en estudio, grupo puras constituidos por animales Hereford puros y Aberdeen Angus puros, y genotipo cruza constituido por animales cruza Hereford x Aberdeen Angus y viceversa.

Figura 6. Velocidad media (m/s) para cada hora del día en función del grupo genético.



Valores con * difieren significativamente $p < 0,05$.

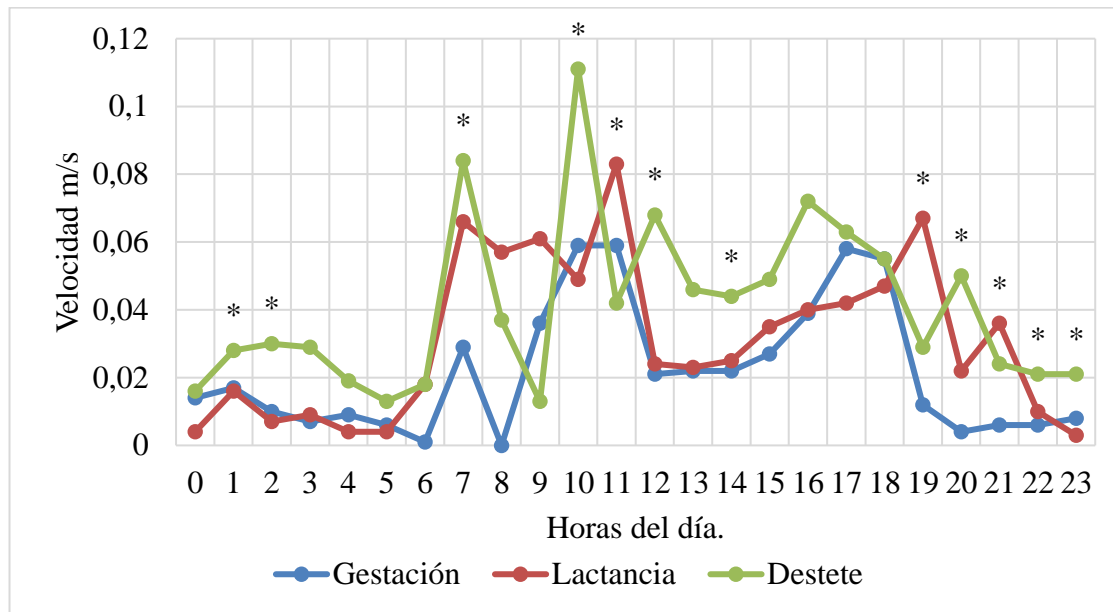
Al observar la velocidad media horaria entre animales de distinto grupo genético, no se encontraron diferencias significativas entre Cruzas, Angus y Hereford en ningún

momento del día. Los menores registros fueron a las 5 am tanto para vacas puras como cruza con un valor coincidente de 0,007 m/s, la mayor velocidad media por otro lado fue de 0,070 m/s a las 10 am en las vacas puras mientras que en las vacas cruza se dio a las 7 am con un valor de 0,058 m/s.

4.2.3 Momento de determinación

En la figura 7 se presenta la velocidad media (m/s) para los distintos momentos de determinación (gestación, lactancia y destete) en cada hora del día.

Figura 7. Velocidad media (m/s) en cada hora del día en función del momento de determinación.



Valores con * difieren significativamente $p < 0,05$.

En cuanto a la velocidad media horaria para los distintos momentos se encontraron diferencias en los momentos más activos del día, amanecer medio día y crepúsculo, apareciendo las mayores diferencias en el crepúsculo, cabe destacar que al contrastar momentos tan diferentes tenemos distintos largos de día y puestas de sol los cuales pueden ser uno de los efectos relacionados, las vacas destetadas mostraron mayor actividad durante todo el día siendo las horas en las que se diferenciaron, las 2 y 3 h, las 10 y 11 h, la hora 14, y de las 19 a 23 h ($p < 0,05$).

Las vacas gestantes mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) con las lactantes, a las 7, 19, 20 y 21 h.

5 DISCUSIÓN

En el trabajo, la velocidad media en cada hora, realizada por los animales, marcó picos de actividad al amanecer, atardecer y media mañana. Este comportamiento es coincidente con lo “momentos” expresados por Fraser et al. (1997), Kilgour (2012) para la actividad de ingesta, con dos eventos principales al amanecer y atardecer, seguidos en importancia por picos al medio de la mañana e inicio de la tarde.

Al observar los resultados ya presentados en la figura 3, se encuentra coincidencia entre los momentos de ingesta descriptos por Fraser et al. (1997), Kilgour (2012), y los momentos de aumentos en la actividad en el desplazamiento de los animales, indicando una cierta relación entre ambas actividades, esto implicaría que la condición de la pastura y el pastoreo va a ser determinante en la actividad de caminata del animal.

Di Marco y Aello (2003) encontraron que en situaciones de disponibilidades muy limitantes el animal tiende a descansar por más tiempo, ya que la cosecha de forraje resulta una actividad ineficiente.

En este caso se encontró que los animales pastoreando con alta oferta, caminaron más que los animales pastando en baja oferta, el promedio de los tratamientos con baja disponibilidad fue de 724 kg de materia seca (en un rango desde 510 kg a 1025 kg) lo cual en condiciones de campo natural para Uruguay resulta en un forraje muy bajo que dificulta la actividad de cosecha y podría explicar las menores distancias recorridas por las vacas.

Las distancias recorridas por los animales en este trabajo muestran diferencias con los resultados encontrados por Scarlato García (2011) para tiempo de pastoreo en condiciones similares, donde los animales en los tratamientos de alta oferta pastorearon durante menos tiempo que los tratamientos de baja oferta. Lo cual podría sugerir que el tiempo de pastoreo no representa de igual forma la distancia recorrida y por tanto la eficiencia del mismo.

Otro factor podría estar relacionado a una mayor conducta de búsqueda y selección en los potreros de alta disponibilidad, o a un efecto tamaño del potrero (ya que el ajuste de disponibilidad fue realizado por tamaño y carga) aunque no se encontró correlación entre tamaño del potrero y distancia.

Al comparar los resultados con los comportamientos descriptos por García y Wright (2007) el mismo puede entenderse si la situación de alta disponibilidad se comporta como una pastura de baja densidad permitiendo a los animales seleccionar y buscar forraje de alta calidad; lo cual obliga a los animales a desplazarse más, mientras que en pasturas con alta carga la actividad se vuelve menor.

Anderson y Kothmann (1977) afirman que la distancia total depende de la disponibilidad de forraje, el área de pastoreo y la posición de los abrevaderos, el efecto de estas dos últimas no pudo ser cuantificado en este experimento.

Al observar los resultados obtenidos para la distancia recorrida según el momento de determinación se encontró que las vacas del grupo destete caminaron significativamente más que las demás, esta diferencia no parece tener relación con las horas de luz, dado que el periodo con el mayor largo del día corresponde al momento Lactancia (diciembre), tampoco parece existir una relación con la disponibilidad de forraje ya que la misma fue intermedia para este tratamiento (1036 kg de materia seca).

Los resultados obtenidos contrastan con los encontrados por Anderson y Urquhart (1986) los cuales señalaron la distancia total recorrida a diario en vacas Hereford y cruza no fue influenciada por condiciones fisiológicas, en donde las vacas en su últimos trimestre de gestación no caminaron diferencialmente a las no preñadas ($p>0,75$). La falta de coincidencia en la experiencia puede estar dadas por tratarse de comparaciones en distintos momentos del año (diciembre destete, mayo gestación y junio lactancia).

No se encontraron diferencias para la energía de locomoción entre distintas razas aunque la teoría demuestra que las vacas cruza podrían tener un uso más eficiente de la energía con lo cual no sería lógico que se utilizara el mismo parámetro para ambas. Estos resultados se basan en los encontrados por Di Marco y Aello (1998b) así como por Brosh et al. (2006) con lo cual la distancia diaria caminada por el animal afecta directamente el gasto de energía. No se encontraron diferencias significativas entre genotipos lo que sugiere que la cruce de los animales no afecto su comportamiento de desplazamiento.

La media de velocidad diaria para el total de los animales (0,033 m/s) fue una magnitud sensiblemente menor a los 0,29 m/s reportada para cabras lecheras por Sánchez Rodríguez et al. (1990). Las horas que mostraron diferencias significativas coinciden con horas en que se producen las mayores sesiones de pastoreo, esto puede mostrar que el efecto de la disponibilidad de forraje aparece justamente al momento en que las vacas pastorean.

Caracterizar y comprender las conductas de desplazamiento de los animales es vital para poder diseñar y planificar de manera correcta el manejo de los mismos, la actividad de cría en el país necesita ser más eficiente si quiere maximizar la eficacia del campo natural como base productiva del sector, para eso es importante tomar medidas que disminuyan los costos de energía del rodeo, intervenir en la disponibilidad de forraje utilizando disponibilidades mayores permitirá disminuir la energía de mantenimiento que requieren los animales y así dar un impulso a los indicadores productivos.

6 CONCLUSIONES

Al considerar todos los animales la distancia diaria caminada en promedio fue 2575 metros, la velocidad 0,031 m/s y la energía neta necesaria para locomoción 173 kcal/día.

El comportamiento de las vacas a lo largo del día mostró picos de actividad al amanecer, media mañana y atardecer asociado a las sesiones de pastoreo más intensas; el atardecer fue el momento con mayor variabilidad asociado a la hora de puesta del sol en cada época.

La disponibilidad de forraje afectó significativamente la distancia caminada, la velocidad media y el gasto energético diario para locomoción, con las vacas con alta disponibilidad de forraje caminando 2934 m y las de baja disponibilidad 2317 m.

El grupo genético no presentó respuesta para ninguna de las variables estudiadas, sugiriendo que no existen diferencias en el comportamiento de desplazamiento de vacas puras y cruza. Esta situación se dio tanto al analizar el total del día y de igual forma al mirar la velocidad media en cada hora.

El momento de determinación mostró valores significativamente mayores para distancia diaria, velocidad media y energía necesaria para locomoción en el grupo “destete” correspondiente al mes de mayo comparado con los animales del grupo lactación y gestación, grupos estudiados en diciembre y junio respectivamente.

La velocidad en cada hora manifestó diferencias para las distintas disponibilidades de forraje únicamente en los momentos de mayor actividad de pastoreo, mostrando una velocidad media por hora mayor en esta situación para las vacas pastoreando en alta disponibilidad.

También existieron diferencias significativas en la velocidad media en cada hora para los distintos momentos de determinación, asociados a la hora puesta de sol y las horas de mayor actividad, donde en general los animales del grupo destete (mayo) mostraron las velocidades más altas, seguidos en algunos casos por los animales del grupo lactantes (diciembre) y con las velocidades más bajas encontradas en el grupo gestantes (junio).

7 RESUMEN

Describir el comportamiento de desplazamiento del ganado de cría en Uruguay es vital para entender cuáles son las situaciones que afectan el gasto energético en pastoreo. El presente trabajo se desarrolló basándose en información de 2 años de experimentos del proyecto “Estimaciones de energía de mantenimiento en vacas de cría en pastoreo de campo natural” (ANII-FMV 2009-2163) desarrollado en la Estación Experimental Bernardo Rosengurt de la Facultad de Agronomía. Se estudió la distancia recorrida por vacas de cría puras de la raza Hereford, Aberdeen Angus y sus cruza F1 en dos situaciones de pastoreo en campo natural, baja y alta oferta de forraje. En un diseño de bloques al azar (2 bloques), se utilizaron 16 vacas asignadas a cuatro parcelas, se empleó el método Put and Take para ajustar la oferta de forraje en cada parcela. La distancia recorrida fue medida con receptores de geoposicionamiento global (Garmin Etrex) durante cuatro días consecutivos en tres momentos de determinación: diciembre 2011, junio 2012 y mayo 2013 generando información para 3 condiciones fisiológicas diferentes (lactación, gestación y destete respectivamente). El comportamiento de las vacas mostró picos de actividad al amanecer, media mañana y atardecer asociado a las sesiones de pastoreo más intensas. La disponibilidad de forraje afectó significativamente la distancia caminada, la velocidad media y el gasto energético diario para locomoción ($P < 0,05$) valores superiores se encontraron en la situación de alta oferta para las tres variables. El grupo genético no presentó respuesta para ninguna de las variables estudiadas ($P > 0,05$). El momento de determinación mostró valores significativamente mayores ($P > 0,05$) para distancia diaria, velocidad media y energía necesaria para locomoción en el momento “destete”. La velocidad en cada hora mostró diferencias para las distintas disponibilidades de forraje únicamente en los momentos de mayor actividad de pastoreo. Comprender el comportamiento del ganado en situaciones de pastoreo ayudara tomar las decisiones correctas para mejorar los niveles productivos y su eficiencia.

Palabras clave: Comportamiento de desplazamiento; Distancia recorrida; Velocidad; Ganado de cría; Gasto energético locomoción.

8 SUMMARY

Describe the behavior of movement of livestock breeding in Uruguay is vital to understand which are the situations that affect energy expenditure in grazing. This work was developed based on information from two years of experiments from project "Estimaciones de energía de mantenimiento en vacas de cría en pastoreo de campo natural" (ANII-FMV 2009-2163) held in Estación Experimental Bernardo Rosengurt, Facultad de Agronomía. The distance traveled by pure breeding cows Hereford, Aberdeen Angus and crossbreeds F1 was measured in two situations on native grassland, low and high supply of forage. In a randomized block design (two blocks), 16 cows assigned to four plots were used, Put and Take method was used to adjust the supply of forage in each plot. Distance was measured with global geo positioning receivers (Garmin Etrex) for four consecutive days in three moments of determination: in December 2011, June 2012 and May 2013 generating information for 3 different physiological conditions (lactation, gestation and weaning respectively). Cattle behavior showed activity peaks sessions at dawn, mid-morning and afternoon associated with more intense grazing. Forage availability significantly affect the distance walked, average speed and daily energy expenditure for locomotion ($P < 0.05$) higher values were found in the high supply situation for the three variables. The genetic group did not differ for any of the studied variables ($P > 0.05$). The moments of determination showed significantly higher values ($P > 0.05$) for daily distance, average speed and energy required for locomotion for the group "weaning". Hourly speed showed differences for different forage availability only in times of peak grazing activity. Understanding cattle behavior in grazing situations can help in making the right decisions to improve production and efficiency levels.

Key words: Cattle behavior; Locomotion energy expenditure; Distance traveled; Speed; Breeding livestock.

9 BIBLIOGRAFÍA

1. Alende, M. G.; Volpi Lagreca, G.; Grigioni, A. J.; Pordomingo, D.; Pighín, F.; Carduza, F.; Babinec, F. 2013. Efecto de la utilización de perros durante el arreo y de la maduración sobre parámetros físicos de carne bovina. *Revista Argentina de Producción Animal*. 32: 165-173.
2. Anderson, D. M.; Kothmann M. M. 1977. Monitoring animals travel with digital pedometers. *Journal of Range Management*. 30: 316-317.
3. _____.; Urquhart, N. S. 1986. Using digital pedometers to monitor travel of cows grazing arid rangeland. *Applied Animal Behaviour Science*. 16(1): 11-23.
4. Brody, S. 1945. *Bioenergetics and growth*. New York, Reinhold. s.p.
5. 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. *Journal of Animal Science*. 84(7): 1951-1967.
6. Buerkert, A.; Schlecht, E. 2008. Performance of three GPS collars to monitor goats' grazing itineraries on mountain pastures. *Journal of Arid Environments*. 5: 85-92.
7. Cibils, A. F.; Brizuela, M. A. 2009. Tecnologías disponibles para el desarrollo de pastoreo de precisión en sistemas extensivos de pastizal natural. In: Congreso Nacional sobre el Manejo de Pastizales Naturales (5o., 2009, Corrientes, AR). Actas. Corrientes, s.e. pp. 81-89.
8. D'Hour, P.; Hauwuy, A.; Coulon, J. B.; Garel, J. P. 1994. Walking and dairy cattle performance. *Annales de Zootechnie*. 43(4): 369-378.
9. Di Marco, O. N.; Aello, M. 1998a. Energy cost of cattle walking on the level and on a gradient. (en línea). *Journal of Range Management*. 51:9-13. Consultado 03 jun. 2015. Disponible en http://jrm.library.arizona.edu/data/1998/511/009-013_di%20marco.pdf.
10. _____.; _____. 1998b. Energy expenditure due to forage intake and walking of grazing cattle. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 53: 105-110.
11. _____.; _____. 2003. Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo y su efecto en la producción. (en línea). Balcarce, Unidad Integrada INTA. Balcarce/Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. 6 p. Consultado 23 jun. 2015. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>.

12. Dijkman, J. T.; Lawrence, P. R. 1997. The energy expenditure of cattle and buffaloes walking and working in different soil conditions. *The Journal of Agricultural Science*. 128: 95-103.
13. Espasandín, A. C.; Ciria, M.; Franco, J. B.; Pereyra, F.; Gimeno, D. 2010. Heterosis, productive and reproductive performance in Angus, Hereford and F1 reciprocal crossed cows on grazing systems of Uruguay. *In: World Buiatrics Congress (16th., 2010, Santiago de Chile) Proceedings*. Santiago de Chile, Sociedad Chilena de Buiatría. pp. 14-18.
14. Fraser, A. F.; Broom, D. M. 1997. *Farm animal behaviour and welfare*. 3rd. ed. New York, CAB International. 437 p.
15. García, A.; Wright, C. 2007. Efectos del medio ambiente sobre los requerimientos nutricionales del ganado en pastoreo. (en línea). South Dakota. South Dakota Cooperative Extension Service. 5 p. Consultado 3 jun. 2015. Disponible en http://pubstorage.sdstate.edu/AgBio_Publications/articles/ExEx4037-S.pdf.
16. Hafez, E. S.; Bouissou, M. F. 1975. *The behaviour of domestic animals*. 3rd. ed. London, Baillere Tindall. pp. 203-245.
17. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Animal Production Science*. 15(76): 663-670.
18. Hudson R. J; Nietfeld M. T. 1985. Effect of forage depletion on the feeding rate of wapiti. *Journal of Range Management*. 38: 80-82
19. Kilgour, R. J. 2012. In pursuit of "normal"; a review of the behaviour of cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*. 138(1-2): 1-11.
20. Lachica, M.; Aguilera, J. F. 2005. Energy expenditure of walk in grassland for small ruminants. *Small Ruminant Research*. 59(2): 105-121.
21. Lawrence, P. R.; Stibbards, R. J., 1990. The energy cost of walking, carrying and pulling loads on flat surfaces by Brahman cattle and swamp buffalo. *Animal Production*. 50: 29-39.
22. Méndez, D. G.; Di Marco, O. N.; Corva, P. M. 1996. Energy expenditure of cattle walking on flat terrain. *Animal Science*. 63: 39-44.
23. Meuret, M.; Bartiaux Hill, N.; Bourbouze, A. 1985. Evaluation de la consommation d'un troupeau de chèvres laitieres sur parcours forestier. Méthode d'observation directe des coups de dents. Méthode du marqueur oxyde dechrome. *Annales de Zootechnie*. 34: 159-180.

24. NAVCEN.USCG. (Navigation Center. US Coast Guard, USA). 1996. Navstar GPS user equipment introduction. (en línea). Alexandria. 215 p. Consultado 22 jun. 2015.
Disponible en <http://www.navcen.uscg.gov/pubs/gps/gpsuser/gpsuser.pdf>.
25. Oldenbroek, J. K.; Jansen, A. A. 1979. The effect of grazing behavior of a breed on the performance of another breed, when they are grazing together. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie*. 95: 132-139.
26. Osuji, P. O. 1974. The physiology of eating and the energy expenditure of the ruminant at pasture. *Journal of Range Management*. 27: 437-443.
27. Penning P. D. 1986. Some effects of sward conditions on grazing behaviour and intake-by sheep. *NATO ASI Series, Series A Life Sciences*. 108: 219-226.
28. Polanía, Y. E. 2012. Movimiento de vacunos en un paisaje arbolado y su relación con el gasto de energía. Tesis Profesional en Medicina Animal y Zootecnia. Tolima, Colombia. Universidad de Tolima. 92 p.
29. Quinn, J. A; Hervey, D. F. 1970. Trampling losses and travel by cattle on sandhills range. *Journal of Range Management*. 23: 50-55.
30. Ribeiro, J. M. de C. R., Brockway, J. M.; Webster, A. J. F. 1977. A note on the energy cost of walking in cattle. *Animal Production*. 25: 107-110.
31. Rovira, J. 1974. Reproducción y manejo de los rodeos de cría. Montevideo, Hemisferio Sur. 293 p.
32. Sahlu, T.; Jung, H. G.; Nienaber, J. A.; Morris, J. G. 1988. Development and validation of a prediction equation estimating heat production by carbon dioxide entry rate technique. (en línea). *Journal of Animal Science*. 66:2036-2043. Consultado 3 jun. 2015. Disponible en <https://dl.sciencesocieties.org/publications/jas/pdfs/66/8/JAN0660082036>.
33. Sánchez, E. J.; Ortiz, V. 1977. Determinación del gasto energético (Mcal/día) por el ganado bovino, a partir de sus hábitos y comportamiento en pastoreo de verano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 32: 27-31.
34. Sánchez Rodríguez, M.; Gómez Castro, A. G.; Peinado Lucena, E.; Mata Moreno, C.; Alcalde Leal, J. L. 1990. Evolución estacional del pastoreo y producción de un rebaño caprino lechero en áreas adhesionadas. *Archivo de Zootecnia*. 39: 25-34.
35. Scarlato García, S. 2011. Conducta de vacas de cría en pastoreo de campo nativo; efecto de la oferta de forraje sobre la expresión del patrón temporal y espacial de pastoreo. Tesis MSc. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 64 p.

36. Shibata, M.; Mukai, A.; Kume, S. 1981. Estimation of energy expenditure in dairy heifers walking on the level and on gradients. *Bulletin of the Kyushu National Agricultural Experiment Station*. 21: 589–607.
37. Stephens D. W.; Krebs J. R. 1986. *Foraging theory*. Princeton, Princeton University Press. s.p.
38. Thomas, C. K.; Pearson, R. A. 1986. Effect of head cooling on energy expenditure, feed intake and heat tolerance of Brahman and Brahman × Friesian cattle working on treadmills. *Animal Production*. 43: 83-90.
39. Van Keuren, R. W.; Davis, R. R.; Bell, D. S.; Klosterman, E. W. 1969. Effect of grazing management on the animal production from birdsfoot trefoil pastures *Agronomy Journal*. 61: 422-425.