

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA DE MANTENIMIENTO EN VACAS DE CRÍA EN
PASTOREO DE CAMPO NATURAL

por

Diego MONTES DE OCA AZNAREZ

Federico REGUERO VENTRE

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2014

Tesis aprobada por:

Director: -----

PhD. Ing. Agr. Ana Carolina Espasandín

Ing. Agr. Enrique Colzada

D.M.V. Alberto Casal

Lic. Francisco Peñagaricano

Fecha: 31 de agosto de 2014

Autores: -----

Diego Montes de Oca Aznarez

Federico Reguero Ventre

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias y amigos por el apoyo durante todos los años de carrera.

A Ana Carolina Espasandín por su apoyo y buena disposición durante todo el trabajo de la tesis.

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

A el laboratorio de farmacognosia de la Facultad de Química de la UDELAR.

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
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. LA ENERGÍA DE MANTENIMIENTO.....	3
2.2. FACTORES QUE AFECTAN LA ENERGÍA DE MANTENIMIENTO.....	7
2.3. MÉTODOS PARA ESTIMAR LA ENERGÍA.....	8
2.3.1. <u>Estimación de energía mediante el peso vivo</u>	8
2.3.2. <u>Estimación de la energía mediante frecuencia cardíaca</u>	10
2.3.3. <u>Mediciones por medio del hígado</u>	11
2.4. HIPÓTESIS.....	12
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	13
3.1. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	13
3.2. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	15

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	17
4. <u>RESULTADOS</u>	20
4.1. ENTRADAS DE ENERGÍA.....	21
4.1.1. <u>Consumo</u>	21
4.1.2. <u>Variación en condición corporal</u>	22
4.2. SALIDAS DE ENERGÍA.....	23
4.2.1. <u>Actividad (locomoción)</u>	23
4.2.2. <u>Producción de leche</u>	24
4.2.3. <u>Energía de mantenimiento</u>	24
4.2.4. <u>Tasa cardíaca</u>	26
4.3. CORRELACIONES ENTRE VARIABLES.....	27
5. <u>DISCUSIÓN</u>	29
6. <u>CONCLUSIONES</u>	32
7. <u>RESUMEN</u>	33
8. <u>SUMMARY</u>	35
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	36
10. <u>ANEXOS</u>	39

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Disponibilidad de forraje (Kg MS/ha) en oferta alta y baja durante los tres momento de muestreo (lactación, gestación y destete).....	15
2. Análisis de varianza para las variables peso vivo, condición corporal, actividad (Km caminados), consumo y tasa cardíaca en función de los efectos fijos considerados.....	20
3. Consumo diario de materia seca en Kg por día en los distintos grupos genéticos y distintas ofertas de forraje.....	21
4. Consumo diario de MS (Kg/día) en los diferentes grupos genéticos.....	21
5. Consumo de MS (Kg/día) en gestación, lactación y destete.....	22
6. Estimación de la energía metabolizable (Mcal) mediante el consumo de forraje en gestación, lactación y destete.....	22
7. Condición corporal en las distintas estaciones del año para los distintos tratamientos.....	23
8. 8. Distancia recorrida por día y energía metabolizable diaria requerida para esta actividad, en lactación, gestación y destete.....	23
9. Producción de leche (Kg/ día) y energía en la leche (Mcal/día) en los distintos tratamientos estudiados.....	24
10. Análisis de la varianza para la energía de mantenimiento y los efectos fijos considerados.....	25
11. Energía de mantenimiento y oferta de forraje.....	25
12. Energía de mantenimiento para cada uno de los momentos.....	26
13. Tasa cardíaca (pulsaciones/minuto) en relación al grupo genético y a la oferta.....	26
14. Promedio de tasa cardíaca en los distintos momentos y tratamientos...	27

15. Correlaciones entre variables.....	27
Figura No.	
1. Esquema representativo donde se observan las divisorias del bloque de trabajo número 1.....	13
2. Esquema representativo mostrando divisorias del bloque de trabajo número 2.....	14
Foto No.	
1. Muestra del cinturón colocado en las vacas.....	40
2. Muestra del cinturón colocado en las vacas.....	40

1. INTRODUCCIÓN

Históricamente la ganadería vacuna ha sido la actividad productiva dominante en la economía uruguaya. Al tratarse de un país agroexportador y por medio de políticas sectoriales, acompañado de un entorno internacional favorable y disponibilidad de nuevas tecnologías han generado un crecimiento sostenido de la producción de carne (Carriquiry, 2011).

Con la idea de alcanzar nuevos mercados internacionales y mantener la competencia con otros rubros es importante aumentar la eficiencia para que de esta manera siga siendo sustentable la producción ganadera. Según Hacker (2008) esto implica en términos prácticos el manejo con precisión de los recursos forrajeros y animales en ambientes heterogéneos.

Más del 70% de la energía es utilizada para el mantenimiento de la vaca de cría, existiendo diferencias entre vacas de cría puras o cruza, así como dentro de las mismas (Ferrel y Jenkins, 1985). Mediante la cuantificación de esta variable se podrá seleccionar genotipos y animales más eficientes (con menores gastos de energía de mantenimiento) para nuestras condiciones pastoriles.

Dado que recoger y registrar individualmente grandes volúmenes de ingesta de alimento en animales en pastoreo y que sus estudios por calorimetría, son un proceso lento y costoso se busca un método más rápido y menos costoso.

Mediante el registro de la tasa cardíaca y el oxígeno absorbido Brosh et al. (1998) sugieren la estimación del gasto energético de rumiantes por medio del uso de ecuaciones de regresión que transforman la tasa cardíaca en gasto energético en distintas situaciones climáticas, nutricionales, topográficas. Los autores concluyen que con el registro de la tasa cardíaca durante determinados periodos se puede determinar el gasto energético de los animales.

Se destaca que para registrar las pulsaciones existen dispositivos que no modifican la actividad natural del animal.

Conociendo los requerimientos de mantenimiento en vacas de cría se podrían seleccionar los animales más eficientes entre y dentro de diferentes grupos genéticos, para así buscar tener una ganadería más eficiente en nuestros sistemas pastoriles.

1.1 OBJETIVOS

Estimar la energía de mantenimiento en vacas de cría de distinto genotipo, en pastoreo de campo natural y en distintos momentos.

Estimar consumo, energía de mantenimiento y tasa cardíaca.

Estudiar asociaciones entre la tasa cardíaca y la energía de mantenimiento.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 LA ENERGÍA DE MANTENIMIENTO

Los animales utilizan la energía química liberada por ruptura de los enlaces de los productos orgánicos para realizar los “trabajos” celulares. La energía eléctrica y la mecánica se pueden utilizar para algunos trabajos fisiológicos. La energía es obtenida de los alimentos ingeridos y de la movilización de tejidos de reserva (NRC, 1982).

La productividad de un animal dada cierta dieta, depende en más de un 70% de la cantidad de alimento que pueda consumir y en menor proporción de la eficiencia con que digiera y metabolice los nutrientes consumidos (Waldo, 1986).

En condiciones de pastoreo, la posibilidad de incrementar el consumo depende fundamentalmente de: 1) la capacidad de ingestión propia del animal, 2) la calidad del forraje y 3) la cantidad de forraje disponible. Por lo tanto, existiendo abundancia de forraje de buena calidad y contando con animales sanos, es posible pensar que no existen razones para que los animales puedan cubrir sus requerimientos de mantenimiento y lactación. Sin embargo, el problema se presenta cuando el forraje es de baja calidad (estado de reposo vegetativo, diferido), o cuando el forraje se encuentra en escasa cantidad. En el primer caso, baja calidad del alimento, el animal no logrará comer más de cierta cantidad debido a un problema físico de llenado de su rumen y no volverá a comer hasta tanto no haya digerido ese material que llena el rumen (Mc Donald et al., 1995).

Debido a que el forraje de baja calidad es digerido a una velocidad menor, resulta que el consumo de ese alimento tiene lugar a un ritmo lento. Como consecuencia de esto, cuanto más baja es la calidad, más se reduce el consumo. En el segundo caso, baja disponibilidad de forraje como pasturas de buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) y pastizales naturales con grandes áreas de sacrificio (peladares) o baja altura de las plantas por sobrepastoreo (exceso de carga animal) pueden también reducir el consumo de forraje y consecuentemente la satisfacción de los requerimientos nutricionales de las vacas. En esta condición, cuando las pasturas y pastizales naturales están degradados o la altura de las plantas se reduce por debajo de los 10 cm, es cuando el animal encuentra serias limitaciones en el consumo de alimento produciéndose una marcada pérdida de estado corporal (pérdida de peso) y disminución en la producción (Ferrando y Namur, 2011).

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.

En el componente “animal”, y de acuerdo a las distintas limitantes del consumo, intervienen distintos “mecanismos” para su regulación. El mecanismo relacionado con la tasa de bocados presenta un límite superior para el número y peso de bocados realizados a lo largo del día. El mecanismo de llenado mediante 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.

Por su parte, cuando intervienen mecanismos metabólicos en la regulación del consumo 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 peso de bocado es la variable del comportamiento ingestivo que mayor efecto tiene en el consumo. En pasturas 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 es 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.

Además 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 (Mc Donald et al., 1995).

La energía que se libera del alimento cuando es oxidada totalmente a CO_2 y H_2O es la energía bruta, puede ser estimada a partir de la composición química mediante análisis de Wennde o Van Söest y los valores de combustión de los carbohidratos, proteínas y lípidos.

La energía digestible es la parte de la energía del alimento consumido que no aparece en las heces.

La energía metabolizable es la fracción del alimento que dispone el animal para sus procesos metabólicos. El animal utiliza la energía metabolizable para el

mantenimiento, ganancia tisular, gestación, lactación y actividad muscular. Los gastos de energía y la eficiencia en la utilización de la energía varían en y entre cada una de esas funciones. $EM = ED - E \text{ Gases} - E \text{ orina}$.

Los requerimientos de mantenimiento para energía metabolizable (EM), se han definido como la cantidad de EM consumida necesaria para el balance energético cero (Blaxter, 1962).

El aporte energético del alimento que efectivamente es utilizado por el animal se denomina energía neta. Es la parte de la energía metabolizable que es retenida como producto/s (carne, leche, etc.) y/o utilizada en las funciones de mantenimiento del organismo.

Energía de mantenimiento es la fracción de la energía consumida destinada a mantener el equilibrio energético del animal. Está formada por: metabolismo basal, termorregulación y actividades voluntarias del animal (NRC, 1982). El metabolismo basal implica las necesidades energéticas de un organismo animal en post-absorción, reposo y ambiente termo neutro. Incluye funciones de servicio y de mantenimiento celular. La termorregulación es la energía destinada a mantener la temperatura corporal. Por último la actividad voluntaria es la energía requerida para acostarse, levantarse, búsqueda e ingestión de alimento y agua (NRC, 1982).

Cada vez más, la evidencia sugiere que los requisitos de mantenimiento de energía varían con el nivel de alimentación, en un rango de variación de hasta 40% (Johnson, 1984). Se ha reportado que existe cierta variación entre animales en los requerimientos de energía para el mantenimiento (Reid 1974, Di Constanzo et al. 1990).

El costo de mantenimiento significa entre un 40 a 50% del total de la energía ingerida por el animal (Montaño-Bermúdez et al., 1990).

En contraste con creencias anteriores, se ha demostrado que los requisitos de energía para el mantenimiento por unidad de peso corporal metabólico no son constantes (Turner y Taylor, 1983). Los requisitos de mantenimiento puede variar entre un 10 y un 30% debido a diferencias genéticas, lo que sugiere sustancial entre-y con diferencias en la raza para este rasgo (Hotovy et al. 1991, Johnson et al. 2003).

La energía empleada por los animales para el mantenimiento se convierte en calor y se disipa en el organismo de esa manera. La cantidad de calor producido de este modo se denomina metabolismo basal del animal; la determinación constituye un estimación directa de la cantidad de energía neta que el animal debe obtener de los

alimentos para cubrir las necesidades de mantenimiento. La determinación del metabolismo basal es difícil por el hecho de que el calor producido por el animal no tiene sólo ese origen, sino que procede, además, de la digestión y metabolismo de los componentes de los alimentos (incremento térmico de la alimentación), así como de la actividad voluntaria del animal. La producción de calor puede aumentar si el animal se mantiene en un ambiente frío.

Los animales se encuentran en mantenimiento cuando la composición corporal permanece constante, no producen sustancias como la leche, y no se ven obligados a trabajar. Puesto a que los animales explotados por el hombre rara vez se encuentran en este estado improductivo, puede parecer que la determinación de las necesidades nutritivas para el mantenimiento tiene exclusivamente interés teórico; sin embargo, las necesidades totales de diversas clases de animales, especialmente las vacas lecheras, se obtienen siguiendo un método factorial en que se suman las necesidades para el mantenimiento y para la producción, calculadas de forma independiente. Por consiguiente, el conocimiento de las necesidades de mantenimiento de los animales tiene tanta importancia práctica como teórica (Mc Donald et al., 1995).

La utilización de estas diferencias en los requisitos de mantenimiento ofrece oportunidades para mejorar la eficiencia económica de la producción ganadera, como el uso de razas o de selección de animales con menor requerimiento de energía de mantenimiento se espera que disminuya los costos de alimentación, el mayor costo variable en la producción ganadera. Para hacer realidad estas oportunidades, se requiere la determinación exacta de la energía de mantenimiento en los niveles de producción diferentes (Hotovy et al., 1991). Las técnicas convencionales de equilibrio (Schiemann et al., 1971) son muy lentas y caras. Por lo tanto, es deseable desarrollar un método que permite la determinación de la energía de mantenimiento dentro de un tiempo más corto.

Los animales menos productivos emplean, proporcionalmente, más cantidad de la energía ingerida para el mantenimiento. Por ejemplo, puede calcularse que el ganado vacuno lechero en África emplea, por término medio, aproximadamente, el 85 % de la energía ingerida, para el mantenimiento (Mc Donald et al., 1995).

Desarrollo de métodos precisos y de bajo costo para identificar los requerimientos de energía en las vacas, permitiría la selección de los animales más eficientes. Identificación de las vacas que requieren menos energía para su mantenimiento, mientras se mantiene el rendimiento, mejora la eficiencia de la producción ganadera.

2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA ENERGÍA DE MANTENIMIENTO

Existen varios factores ambientales, genéticos que alteran el gasto energético destinado al mantenimiento en vacunos de carne, entre ellos podemos citar el clima, tamaño de la vaca y la raza.

Con respecto al clima, la mayor influencia afecta a las necesidades energéticas, de manera que los animales más afectados son los que se encuentran en climas fríos y se alimentan por debajo del nivel de mantenimiento.

Respecto a los rumiantes estabulados, el aumento en la producción de calor, provocado por el descenso de 1°C en la temperatura ambiente, es comparable a los cerdos y aves, pero mucho mayor para los rumiantes no estabulados y expuestos al viento y la lluvia. En los rumiantes es posible incrementar la producción de calor cambiando la calidad de sus raciones. Los alimentos groseros de bajo contenido en energía metabolizable tienen bajos valores para K y, por consiguiente, producen más calor por unidad de energía metabolizable ingerida que las raciones ricas en concentrados. Los ganaderos pueden ayudar a perder calor a los animales proporcionándoles sombra, ventilación y en alguna ocasión pulverizaciones de agua (Mc Donald et al., 1995).

En relación al tamaño de la vaca los requerimientos de energía para mantenimiento y producción son los dos más importantes en las vacas lecheras. Desde el nacimiento hasta la quinta lactación, aun en vacas de alta producción, los requerimientos de mantenimiento representan un 56% de los requerimientos totales de energía (Korver, 1988). En vacas de lactancia corta y de baja producción individual los costos de mantenimiento llegan a representar hasta un 50% de los requerimientos necesarios en cada lactancia (Holmes, 1993).

De un modo general, los requerimientos de mantenimiento se estiman como:

Requerimiento de mantenimiento (MJ/Día) = $0,6 \times \text{peso vivo}^{0,75}$ (Holmes y Wilson, 1987).

De acuerdo a esta ecuación, cuanto más pesadas las vacas, mayores son los requerimientos de mantenimientos que se deben satisfacer. Estudios realizados por Holmes (1993) demostraron experimentalmente la mayor eficiencia de conversión de las vacas de menor peso al mismo nivel de producción.

Teniendo dos vacas de distinto peso y similar producción, la vaca más liviana es más eficiente por tener menores requerimientos de mantenimiento (Laborde et al., 1998).

Una gran cantidad de los estudios realizados con rumiantes mostró que la producción de calor aumenta con la ingesta en ayunas ya sea por encima o por debajo del mantenimiento teórico (Ortigues, 1991). Gran parte de la variación en la energía de mantenimiento, con la ingesta parecía estar relacionada con cambios en la masa de órganos viscerales y la proporción relativa de encogido PV (Jenkins et al.1986, Ferrell 1988).

La investigación anterior ha informado que los requerimientos de mantenimiento de energía en el ganado vacuno son heredable (Hotovy et al., 1991) y las diferencias están presentes entre razas (Ferrell y Jenkins, 1985). Un estudio realizado por Ferrell y Jenkins (1985) para el Centro de Investigación de Animales para Carne (MARC) , comparando varias razas y midiendo sus requerimientos para la energía de mantenimiento, mostró que las necesidades de mantenimiento de energía son diferentes entre las razas, especialmente aquellas con producciones de leche por encima de la media.

Pesos del tracto gastrointestinal y el hígado, así como sus proporciones en relación al peso de faena muestran que se incrementaron por la ingesta en vacas cruza de Angus y Hereford (Jenkins et al., 1986).

2.3 MÉTODOS PARA ESTIMAR LA ENERGÍA

Las condiciones ambientales, nivel de alimentación, el tiempo dedicado a comer y digerir, la conductancia del tejido y pelaje, nivel de producción, y la estación del año puede afectar estimación del gasto energético de los animales (NRC, 1981).

Es importante generar un EPD para energía de mantenimiento en los bovinos de carne, con el fin de obtener animales más eficientes, dado que se trata de una característica de importancia económica (Golden et al., 2000). Los productores que seleccionan con el fin de aumentar el crecimiento sin tener en cuenta el gasto de energía de mantenimiento pueden tener un impacto negativo en los costos de producción. Teniendo una predicción genética de los requerimientos de mantenimiento se facilitaría la selección de animales que mejor se adapten a cada situación de producción.

2.3.1 Estimación de energía mediante el peso vivo

Actualmente la energía de mantenimiento se estima utilizando ecuaciones relacionadas con el peso vivo (NRC, 2000).

Una de las formas para el cálculo de energía de mantenimiento es mediante la fórmula:

$$\text{ENmant (Mcal/d)} = (((\text{PV} - \text{PUG})^{0.75}) * a1) + \text{ENmact}$$

$$\text{PUG} = (18 + ((\text{DP} - 190) * 0.665)) * (\text{PCN}/45)$$

$$\text{ENmact} = (((\text{Distancia} * \text{viajes}) * (0.00045 * \text{PV})) + (0.0012 * \text{PV}))$$

Donde PV = peso vivo; PUG = peso del útero grávido; a1 = factor de corrección para vacas maduras ($0.08 = 80 \text{ kcal/kg PV}^{0.75}$); ENmant = variable para calcular los requerimientos por actividad; DP = días de preñez; PCN = peso de la cría al nacimiento = Peso Adulto * 0.06275, (NRC, 2001)

La energía de mantenimiento puede estimarse directamente con animales alimentados en lugar de hacerlo con animales en ayuno, siempre que se conozca el contenido energético de los alimentos administrados y pueda realizarse el balance energético.

Puesto que el metabolismo de ayuno es mayor, las necesidades de mantenimiento de los machos enteros se consideran un 15 por ciento superiores a las de los novillos y las vaquillonas del mismo peso.

En relación al metabolismo en ayuno usado para la estimación de la energía de mantenimiento presenta limitantes a nivel de explotación, los animales suelen emplear más energía en las actividades musculares voluntarias. Otro factor se refiere al hecho de que el ganado productivo tiene un metabolismo más intenso que los animales sometidos al ayuno y, por consiguiente, el costo del mantenimiento es superior. En tercer lugar, los animales de las explotaciones están sometidos a mayores variaciones climáticas y pueden necesitar energía, específicamente, para mantener la temperatura normal del cuerpo.

Cuando se mide consumo de energía metabolizable y la retención de energía en los animales, se puede estimar la ganancia o pérdida de peso corporal. Esto permitiría determinar la energía de los animales y sería más preciso que la simple utilización de los cambios en la masa corporal como criterio.

2.3.2 Estimación de la energía mediante frecuencia cardíaca

Brosh et al. (1998) observa relación entre la energía de mantenimiento y la tasa cardíaca.

La frecuencia cardíaca se utiliza como una estimación del gasto de energía en los animales, así como en los seres humanos, debido a la alta correlación (hasta 0,95) en continua producción de calor mediciones en individuos (Schutz y Deurenberg 1996, Derno et al. 1998, Brosh et al. 2002).

Estudios previos que midieron la frecuencia cardíaca para estimar la energía de mantenimiento utilizaron ecuaciones de regresión lineal o logarítmica para relacionar la absorción de O₂ y producción de calor (Webster 1967, Yamamoto et al. 1979, Richards y Lawrence 1984, Renecker y Hudson 1985, Purwanto et al. 1990).

La estimación del gasto energético de animales en base a la frecuencia cardíaca ha sido estudiada por varios trabajadores (Webster 1967, Yamamoto et al. 1979, Richards y Lawrence 1984, Renecker y Hudson 1985, Yamamoto 1989). El objetivo de estos estudios fue determinar si la tasa cardíaca en el ganado puede ser utilizada para estimar el gasto energético de mantenimiento bajo diferentes condiciones nutricionales y ambientales.

Dado que la frecuencia cardíaca basal es diferente entre individuos es necesario que se calibre la ecuación para cada animal. También se debe tener en cuenta el momento de la toma de la medición, ya que el valor puede variar perdiendo la correlación (Derno et al., 1997). Estos ensayos demuestran que datos tomados luego de 17 horas de retiro del alimento no se correlacionaron con valores de energía de mantenimiento. Este resultado podría explicarse porque esta incluye el gasto de energía causado por la alimentación y la actividad física.

Brosh (1998), ajusto ecuaciones para poder calcular el consumo y el pulso de oxígeno a partir de la frecuencia cardíaca, estudiando animales en reposo y en actividad. Para estos modelos el autor tomo como efectos fijos condiciones de radiación, tiempo de alimentación, tiempo de medición, y la dieta. En el modelo en actividad un efecto fijo fue asignado a la dieta. Para luego compararlos con los valores reales de consumo de oxígeno, los cuales fueron obtenidos con una mascarilla de circuito abierto (Taylor et al., 1982).

La energía estimada se calculo suponiendo 20,47 KJ/l O₂ (Nicol y Young, 1990).

Formula: En reposo $Y = A + R + TF + TM + D / HR + e$ [1]

$Y = A + R + TF + TM + D / (HR + HR2) + e$ [2]

En actividad: $Y = D / HR + e$ [3]

$Y = D / (HR + HR2) + e$ [4]

Donde la absorción de $Y = O_2$ o el pulso de O_2 , A= efecto animales al azar, R= radiación (expuesta o protegida) efecto, TF= tiempo de alimentar a efecto (mañana o tarde), TM= tiempo de medición (por la mañana o por la tarde) efecto, D= dieta (L o H) efecto, HR (frecuencia cardíaca), HR2= efectos cuadráticos de la frecuencia cardíaca, y e= error lineal.

Calculando la media diaria cardíaca de los animales se logra estimar la energía de mantenimiento con buena precisión con un costo económico considerablemente menor que los métodos actuales.

La calidad del alimento y la cantidad puede influir en el patrón de actividad y por lo tanto alterar la producción de calor y el requisito de la energía de mantenimiento (Birkelo et al., 1991).

2.3.3 Mediciones por medio del hígado

El peso de órganos viscerales, más específicamente en el hígado, representa una posible fuente de información para la predicción de los requerimientos de energía de mantenimiento. En el ganado vacuno, el hígado es uno de los órganos más activos metabólicamente y consume aproximadamente el 22% del gasto de energía de un animal como una función de un animal con producción de calor en ayuno, pero sólo representa el 1,6% del peso del animal (Ferrell, 1988). En comparación con otros órganos viscerales, el hígado es un buen candidato como una característica indicadora de los requerimientos de energía y de mantenimiento.

Un problema con la recolección de datos para el tamaño del hígado es la forma de recoger la información sin matar el animal adulto. Anteriormente, la tecnología de ultrasonido se ha estudiado como un método para predecir el tamaño del hígado (Braun, 1990). Las investigaciones realizadas en la Universidad Estatal de Colorado evaluaron la aplicación de esta tecnología utilizando feedlot. Los resultados de la investigación no mostró una relación entre varias medidas lineales de tamaño del hígado utilizando la tecnología de ultrasonido y el peso del hígado real (Ruppert, 2001). Se necesita investigación adicional para determinar la aplicación de la tecnología de ultrasonido para

la predicción de tamaño del hígado, además de la edad más apropiada y clase de animales a utilizar.

2.4 HIPÓTESIS

Es posible estimar la energía de mantenimiento mediante la determinación de las entradas y salidas de energía.

La energía de mantenimiento varía según el genotipo, el forraje asignado y los momentos del ciclo de cría.

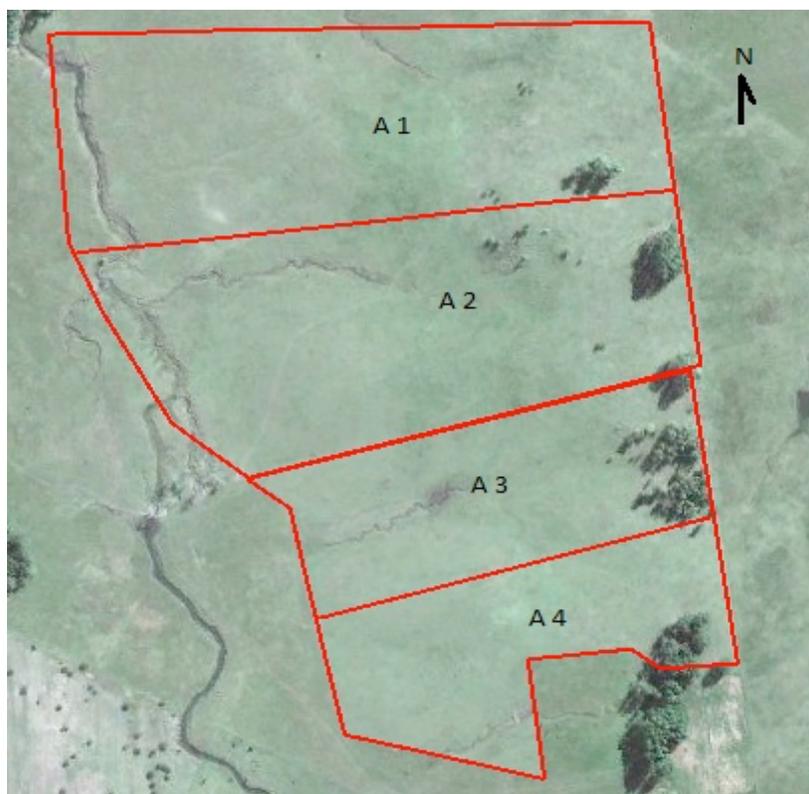
Existe asociación entre la tasa cardíaca y la energía de mantenimiento en vacas de cría en pastoreo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental es en bloques completos al azar con diferentes formaciones geológicas, donde en bloque 1 es la unidad Zapallar y el bloque 2 la unidad Fraile Muerto, los 4 tratamientos dispuestos consistieron en un arreglo factorial de 2x2x3 de genotipo, oferta de forraje y momento del ciclo de cría. Los genotipos fueron puras (Hereford y Aberdeen Angus), y la F1 de estas, los niveles de oferta de forraje fueron 10 Kg de materia seca/100Kg de peso vivo /día (oferta alta- A) y 5 Kg de materia seca/100Kg de peso vivo/día (oferta baja- B) y los momentos del ciclo fueron, lactación, gestación y destete.

Figura No. 1. Esquema representativo donde se observan las divisorias del bloque de trabajo 1.



Referencias:

A1: Alta Cruza, dos vacas.

A2: Alta Pura, cuatro vacas.

A3: Baja Pura, seis vacas.

A4: Baja Cruza, dos vacas.

Figura No. 2. Esquema representativo mostrando divisorias del bloque de trabajo 2.



Referencias:

B1: Baja Pura, dos vacas.

B2: Alta Pura, tres vacas.

B3: Alta Cruza, tres vacas.

B4: Baja Cruza, dos vacas.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en la Estación Experimental Bernardo Rosengurtt de la Facultad de Agronomía situada en la ruta No. 26, kilómetro 408, 32° 35' Latitud Sur y 54° 15' Longitud Oeste, departamento de Cerro Largo, Uruguay.

Se desarrolló en una superficie de 120 há de campo natural, de las cuales la mitad se encuentra sobre la unidad de suelo Zapallar y la otra mitad sobre la unidad Fraile Muerto. Cada unidad fue dividida con alambrado eléctrico en 4 parcelas experimentales.

Se utilizaron 24 vacas de cría multíparas experimentales y vacas volantes para ajustar la oferta de forraje según el método de “put and take” definido por Van Keuren (1969).

En tres momentos durante el ciclo de cría: gestación (116±26días de gestación), lactación (44±19 días de lactancia) y destete (10 días post destete), para cada animal fue determinado el consumo diario de pasturas, la distancia recorrida y tasa cardíaca. En la pastura se determino la disponibilidad mediante el método de doble muestreo definido por Haydock y Shaw (1975) y la composición química del forraje mediante la técnica de Van Soest y Wende (1994).

Cuadro No. 1. Disponibilidad de forraje (Kg MS/ha) en oferta alta y baja durante los tres momento de muestreo (lactación, gestación y destete).

Tratamiento	Disponibilidad (kg MS/ha)		
	Lactación (Primavera)	Gestación (Invierno)	Destete (Otoño)
AB1	740	1517	1913
BB1	510	764	542
AB2	1405	1677	1111
BB2	922	1025	579

Referencias: A: disponibilidad alta.

B: disponibilidad baja

B1: bloque 1

B2: bloque 2

La energía de mantenimiento de cada animal se obtuvo mediante diferencia entre el consumo diario de forraje (ingreso de energía Mcal/día) y variación de condición

corporal en dos medidas consecutivas en los momentos de determinación (32 días promedio) y egresos por actividad, distancia recorrida por día, producción de leche y retención de energía en tejidos.

Para la estimación del consumo se utilizó la técnica de n-alcanos. Esta se basa en la concentración de alcanos en la pastura y en las heces (Dove y Mayes, 1991) en donde:

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

Donde F_i y F_p son tenores de n-alcanos de cadena impar y par en las heces (mg/kg MS), H_i y H_p son tenores de n-alcanos de cadenas impar y par en el forraje (mg/kg MS) y por último D_p es la dosis diaria de n-alcanos de cadena par la cual fue suministrada a los animales. Se suministró durante 7 días de 2 pellet de gelatina por día conteniendo 400mg de n-alcanos dotriacontano (C32) para estimar la producción fecal diaria. Se recolectaron heces a partir del día 5 y durante 5 días consecutivos a cada animal creándose una muestra compuesta por animal. Las cuales posteriormente fueron secadas y molidas para luego ser analizadas. En paralelo se recolectaron muestras de forraje en sitios representativos de pastoreo mediante la técnica de hand kliping.

El perfil de alcanos 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 registro de las pulsaciones se utilizó un pulsómetro digital (Polar RS400) el cual se fijaba a las vacas mediante un cinturón adaptado, ubicado atrás de las manos (ver foto No. 1 y No. 2 en anexos). Este radiotransmisor registra las pulsaciones cada 15 segundos durante 5 días consecutivos, la información es descargada mediante transmisión infrarroja y los datos se promediaron, pulsaciones por minutos promedio de los 5 días.

Para cuantificar la distancia recorrida, a cada vaca se le colocó un dispositivo de GPS durante 5 días consecutivos, el cual registró la distancia recorrida por cada animal en cada día en kilómetros por día.

El gasto energético debido a la actividad fue estimado según la ecuación de Di Marco y Aiello (2003). $((\text{Km Caminados} * 0,5 * \text{Peso vivo}^{0,75}) / 1000)$.

La producción de leche (Kg/día) fue determinada mediante ordeño con ordeñadora portátil a los 20 post parto.

Se contó con dos mangas para la realización de los trabajos, una en cada bloque de trabajo.

La condición corporal fue estimada mediante apreciación visual en dos momentos consecutivos dentro de cada período de determinación. La variación de la condición corporal se determinó mediante la diferencia entre estas dos medidas y la misma fue transformada a kilogramos en base a lo publicado por Orcasberro et al. (1992).

A partir de la diferencia observada en la condición corporal se estimó la energía metabolizable aportada, sabiendo que un punto de condición corporal equivale a 27 Kilogramos de peso vivo y que cada kilogramo contiene 5,82 Mega calorías (NRC, 1996).

El peso fue estimado mediante el uso de balanza digital.

El balance energético se calculó cuantificando todas las entradas (consumo y pérdida de condición corporal) y descontando las salidas (actividad, producción de leche y ganancia de condición corporal).

La energía de mantenimiento fue asumida como la diferencia entre las entradas y salidas de energía cuantificadas en el trabajo ((Consumo- (variación de condición corporal+ actividad de locomoción +producción de leche)).

La energía obtenida en la ecuación anterior, fue asumida como la energía destinada para el mantenimiento de cada vaca.

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Como se mencionó anteriormente el modelo que se ajusta al experimento es un diseño en bloques completos al azar.

Cada parcela, estaba formada por un tratamiento de combinaciones entre oferta y genotipo, siendo ésta considerada como la unidad experimental. Esta variable fue analizada mediante un modelo lineal que incluyó los efectos fijos de Bloque, Oferta de forraje, Genotipo, Momento de determinación y las interacciones entre ellos. Se usó el procedimiento MIXED de programa SAS (2009). Para cada efecto fueron estimadas las medias de mínimos cuadrados y comparadas mediante el test de tukey ajustado, asumiendo significancia estadística a $Pr F < 0,5$, en tanto $0,05 < Pr F < 0,10$ fue considerada como un tendencia estadística importante.

El modelo asumido fue:

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

- 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.
- $G*O*M_{ijk}$: 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 : No existe interacción entre los factores
- H_a : Existe interacción

Para el análisis estadístico se utilizó el software estadístico SAS (2009). Del cual se desprende el siguiente cuadro de análisis de la varianza.

Relación ente las variables

Para conocer la asociación entre la tasa cardíaca y el gasto energético de mantenimiento, se realizaron análisis de correlación (Pearson), usando el procedimiento CORR del programa SAS (2009).

4. RESULTADOS

En el cuadro No. 2 se presentan los resultados del análisis de la varianza para las variables determinadas en las vacas de cría: peso vivo, condición corporal, actividad (Km caminados/día), consumo y tasa cardíaca; en función de los efectos fijos considerados en el modelo (bloque, grupo genético (Gg), oferta (Of), momento, genotipo por oferta (Gg x Of) y genotipo por oferta por momento (Gg x Of x Momento)).

El efecto fijo momento hace referencia a la gestación la cual transcurre durante el otoño y el invierno, lactación (primavera y verano) y el destete (en otoño).

Cuadro No. 2. Análisis de varianza para las variables peso vivo, condición corporal, actividad (Km caminados), consumo y tasa cardíaca en función de los efectos fijos considerados.

Efectos	Peso vivo	Condición corporal	Km caminados	Consumo	Tasa cardíaca
Bloque	0,046	0,301	0,0016	0,719	0,446
Gg	0,005	0,042	0,178	0,041	0,307
Of	0,39	0,566	0,851	0,235	0,861
Momento	<0,0001	0,498	0,002	0,0117	<0,0001
Gg x Of	0,533	0,396	0,999	0,02	0,84
Gg x Of x Momento	0,409	0,774	0,245	0,317	0,385

El peso vivo presentó efecto significativo de bloque, grupo genético y momento del ciclo de cría ($P < 0,05$). Para la condición corporal solamente se observó efecto significativo del grupo genético de la vaca. La distancia recorrida por día (Km de desplazamiento) fue afectada en forma significativamente con el bloque y el momento del ciclo. El grupo genético, el momento del ciclo de cría y la interacción entre el grupo genético y la oferta de forraje presentaron efectos significativos para el consumo diario de materia seca. Por último, la tasa cardíaca fue afectada significativamente por el momento del ciclo de cría.

La oferta de forraje aisladamente, no presentó efecto significativo para ninguna de las variables estudiadas ($p > 0,05$). Por su parte, el momento afectó en forma significativa a todas las variables de respuesta analizadas, con excepción de la condición corporal.

4.1 ENTRADAS DE ENERGÍA

4.1.1 Consumo

En los cuadros No. 3, No. 4 y No. 5 se muestran las medias de mínimos cuadrados obtenidas para el Consumo diario de materia seca de los diferentes genotipos en las dos ofertas de forraje y en los tres momentos estudiados.

Cuadro No. 3. Consumo diario de materia seca (Kg/día) en los distintos grupos genéticos y ofertas de forraje estudiados.

Gg	Oferta	Consumo diario de MS (Kg/vaca/día)
Cruza	Alta	10,8 ± 1,6 a
	Baja	7,9 ± 0,9 ab
Pura	Alta	6,9 ± 0,7 b
	Baja	8,2 ± 0,7 ab

Medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Las vacas cruza y con oferta alta presentan un mayor consumo respecto a las puras en alta oferta (10,8 ± 1,6 kg MS/vaca/día vs 6,9 ± 0,7 kg MS/vaca/día); en tanto cruza como puras en baja oferta tienen consumos intermedios (8,2 ± 0,7 kg MS/vaca/día vs 7,9 ± 0,9 kg MS/vaca/día).

En el cuadro No. 4 se presenta el consumo diario de materia seca en las vacas cruza y puras.

Cuadro No. 4. Consumo diario de MS (Kg/vaca/día) en los diferentes grupos genéticos.

Gg	Consumo diario de MS (Kg/vaca/día)
Cruza	9,4 ± 0,9 a
Pura	7,6 ± 0,5 b

Medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Las vacas cruza en promedio consumen más kg de MS por día a lo largo del ciclo de cría (9.4 ± 0,9 kg MS/vaca/día vs 7.6 ± 0,5 kg MS/vaca/día, respectivamente), siendo esta diferencia significativa ($P < 0,05$).

El cuadro No. 5 muestra el consumo de materia seca en los tres momentos de estudio.

Cuadro No. 5. Consumo de MS (Kg/vaca/día) promedio durante los momentos: gestación, lactación y destete.

Momento	Consumo de MS (Kg/vaca/día)
Gestación	6,8 ± 1 b
Lactación	9,9 ± 0,7 a
Destete	8,7 ± 1 ab

Medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas (P<0,05)

Durante la lactancia fueron observados, los mayores consumos (P<0,05; 9,9 ± 0,7 kg MS/vaca/día) y en la gestación los menores (6.8 ± 1,0 kg MS/vaca/día), en tanto al momento de destete, los valores fueron intermedios (8.7 ± 1,0 kg MS/vaca/día) no diferenciándose de los otros dos momentos (P>0,05)

La energía metabolizable contenida en el forraje consumido se presenta en el cuadro No. 6.

Cuadro No. 6. Energía metabolizable (Mcal) estimada en el forraje consumido durante la gestación, lactancia y destete.

Oferta x Genotipo	Gestación		Lactación		Destete	
	Kg MS/vaca/día	Mcal EM(kg MS*Digestibilidad*4.4*0.82)	Kg MS/vaca/día	Mcal EM(kg MS*Digestibilidad*4.4*0.82)	Kg MS/vaca/día	Mcal EM(kg MS*Digestibilidad*4.4*0.82)
Alta Cruza	5.5 ± 1.2	11.8 ± 2.7	10.1 ± 0.9	21.9 ± 2.7	-----	-----
Alta Pura	6.3 ± 1.2	13.7 ± 5.9	9.6 ± 1.6	20.7 ± 3.5	5.01 ± 0.11	9.02 ± 2.43
Baja Cruza	8.2 ± 1.4	17.8 ± 3.0	9.4 ± 1.4	20.0 ± 3.0	6.14 ± 1.57	11.08 ± 3.44
Baja Pura	7.2 ± 0.9	15.4 ± 2.1	10.2 ± 1.1	21.9 ± 2.3	8.68 ± 1.11	15.66 ± 2.43

Medias diferentes indican diferencias significativas (P<0,05)

4.1.2 Variación en condición corporal

En el cuadro No. 7 se muestran las medias y errores estándar de la condición corporal promedio en las vacas de cría de los distintos tratamientos, durante los momentos del ciclo de cría considerados.

Cuadro No. 7. Condición corporal en las distintas estaciones del año para los distintos tratamientos.

Oferta * genotipo	Mitad- fin de gestación	Parto – lactancia	Destete
Alta Cruza	4.2 ± 0.3	4.4 ± 0.3	4.6 ± 0.3
Baja Cruza	4.5 ± 0.3	4.3 ± 0.3	4.4 ± 0.3
Alta Pura	4.2 ± 0.2	4.1 ± 0.3	4.4 ± 0.2
Baja Pura	4.1 ± 0.2	4.0 ± 0.2	4.4 ± 0.2

Las medias no difieren estadísticamente entre momentos ni tratamientos ($P > 0,05$)

La condición corporal de las vacas no varió significativamente con el momento de determinación, grupo genético ni oferta de forrajeo ($P > 0,05$).

4.2 SALIDAS DE ENERGÍA

4.2.1 Actividad (locomoción)

En el cuadro No. 8 muestra las medias y errores estándar de los kilómetros recorridos por día y la consecuente energía requerida para la locomoción en los tres momentos del ciclo, según la ecuación propuesta por Di Marco y Aiello (2003).

Cuadro No. 8. Distancia recorrida por día y energía metabolizable diaria requerida para esta actividad, en lactación, gestación y destete.

Oferta * genotipo	Lactación		Gestación		Destete	
	Km/día totales	Mcal EM por actividad(K m día*0,5Kcal/ Kg*PV ^{0,75})/1000	Km/día totales	Mcal EM por actividad (Km día*0,5Kcal/ Kg*PV ^{0,75})/1000	Km/día totales	Mcal EM por actividad(K m día*0,5Kcal/ Kg*PV ^{0,75})/1000
Alta Cruza	6.3 ± 0.9	0.3 ± 0.03	7.2 ± 0.6	0.3 ± 0.04	4.6 ± 0.9	0.3 ± 0.06
Alta pura	6.1 ± 0.7	0.31 ± 0.06	5.5 ± 0.4	0.3 ± 0.03	4.6 ± 0.5	0.2 ± 0.03
Baja Cruza	7.4 ± 0.7	0.4 ± 0.05	6.9 ± 0.6	0.3 ± 0.04	3.9 ± 0.7	0.2 ± 0.04
Baja Pura	4.8 ± 0.9	0.24 ± 0.04	6.4 ± 0.5	0.3 ± 0.03	5.2 ± 0.7	0.3 ± 0.05

Medias diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

La energía (Mcal) utilizada para el desplazamiento de las vacas puras en baja oferta de forraje es menor que en los otros tratamientos ($P < 0,05$), siendo mayor en el grupo de animales cruza y en pastoreo de baja oferta de forraje; en el periodo de lactancia. En la gestación, todos los animales destinaron la misma energía para desplazamiento. Por último en el destete tanto los animales cruza en alta oferta de forraje como las vacas puras en baja oferta de forraje, caminaron más ($0,3 \pm 0,06$; $0,3 \pm 0,05$) que en los otros tratamientos ($0,2 \pm 0,035$) siendo esta diferencia significativa ($P > 0,05$).

4.2.2 Producción de leche

La producción de leche en Kg por día y la energía contenida en la misma en (Mcal retenida por día) se presentan en el cuadro No. 9.

Cuadro No. 9. Producción de leche (Kg/día) y energía en la leche (Mcal/día) en los distintos tratamientos estudiados.

Oferta x Genotipo	Producción de leche (Kg/día)	Energía en la leche (Mcal/día)
Alta Cruza	5.79 ± 1.37	5.46 ± 0.95
Alta Pura	7.33 ± 0.83	5.75 ± 0.58
Baja Cruza	5.95 ± 1.18	4.25 ± 0.81
Baja Pura	6.96 ± 0.83	4.94 ± 0.58

Las medias no difieren estadísticamente en genotipo por oferta ($P > 0,05$)

La producción de leche no difirió entre tratamientos, así como la energía contenida en la misma ($P > 0,05$), con producciones promedio de $7,16 \pm 1,60$ Kg/día conteniendo en media $5,5 \pm 1,25$ Mcal de energía metabolizable.

4.2.3 Energía de mantenimiento

El siguiente cuadro muestra el análisis de la varianza para la energía de mantenimiento y los efectos fijos: oferta de forraje, grupo genético, bloque, momento y la interacción entre oferta, grupo genético y momento.

Cuadro No.10. Análisis de la varianza para la energía de mantenimiento y los efectos fijos considerados.

Efecto	Gl	Pr>F
Oferta	1	0,09
Gg	1	0,72
Bloque	1	0,56
Momento	2	0,33
Of x Gg x Momento	6	0,66

Tendencia estadística ($0,05 < P < 0,1$)

La energía destinada al mantenimiento no presentó efectos significativos de los efectos considerados en el modelo estadístico ($P < 0,05$). No obstante, se observaron tendencias a la significancia para la oferta de forraje ($P = 0,09$), en donde en las ofertas bajas se observarían los mayores gastos energéticos (cuadro No.11).

En el cuadro No. 11 se presenta el gasto de energía de mantenimiento para las distintas ofertas de forraje.

Cuadro No. 11. Energía de mantenimiento y oferta de forraje.

Oferta	Energía de mantenimiento (Mcal/animal/día)
Alta	$8,84 \pm 1,12$ b
Baja	$11,99 \pm 0,87$ a

Medias seguidas de letras diferentes indican tendencias ($P < 0,10$)

Las vacas en baja oferta de forraje presentan significativamente mayores gastos de energía de mantenimiento ($P < 0,10$).

Tanto vacas puras como cruzas destinan significativamente la misma cantidad de energía para el mantenimiento (9,95 y 10,8 Mcal/anima/día, $P > 0,10$). Sin embargo, las cruzas presentan mayor desvío de la media (1,27 vs 0,76 Mcal/animal/día).

En el cuadro No. 12 se muestra la energía de mantenimiento consumida en lactación, gestación y destete.

Cuadro No. 12. Energía de mantenimiento para cada uno de los momentos.

Momento	Energía de mantenimiento (Mcal/animal/día)
Gestación	11,73 ± 1,22 ns
Lactación	9,18 ± 1,03 ns
Destete	10,34 ± 1,31 ns

No se observaron diferencias significativas ni tendencias estadísticas ($P > 0,05$ y $P > 0,10$, respectivamente).

En los tres momentos no se observaron diferencias significativas en cuanto al gasto de energía de mantenimiento.

4.2.4 Tasa cardíaca

El próximo cuadro (No. 13) muestra las medias y los errores estándar de la tasa cardíaca para las vacas puras y cruzas, así como también en alta y baja oferta de forraje.

Cuadro No. 13. Tasa cardíaca (pulsaciones/minuto) en relación al genotipo y a la oferta.

Genotipo	Tasa Cardíaca (pulsaciones/minuto)
Puras	86 ± 6 b
Cruzas	109 ± 8 a
Oferta	Tasa Cardíaca
	(pulsaciones/minuto)
Baja	108 ± 8 a
Alta	87 ± 7 b

Medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Las vacas cruzas presentan estadísticamente mayores pulsaciones por minuto que las vacas puras. ($P < 0,05$), independientemente de cuál sea su oferta de forraje.

Los animales que se encontraban en baja oferta de forraje presentaron significativamente mayores pulsaciones por minuto ($P < 0,05$) independientemente del grupo genético al que pertenecen.

El cuadro No. 14 muestra la media y el error estándar para la tasa cardíaca (Pulsaciones por minuto) en gestación, lactación y destete en los cuatro tratamientos.

Cuadro No. 14. Promedio de tasa cardíaca en los distintos momentos y tratamientos.

Oferta x Genotipo	Tasa Cardíaca	Tasa Cardíaca	Tasa Cardíaca
	(pulsaciones/minuto)	(pulsaciones/minuto)	(pulsaciones/minuto)
	Gestación	Lactancia	Destete
Alta Cruza	111 ± 27	86 ± 11 b	184 ± 47
Alta Pura	153 ± 19	85 ± 8 b	182 ± 24
Baja Cruza	92 ± 47	133 ± 12 a	
Baja Pura	168 ± 18	83 ± b	182 ± 23

Medias seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

Al momento del destete es cuando se registran mayores pulsaciones (182 ± 23 a 184 ± 47) por minuto y en la lactancia es cuando se observan las menores tasas cardíacas ($P < 0,05$).

4.3 CORRELACIONES ENTRE VARIABLES

En el cuadro No. 15 se observa la correlación entre la tasa cardíaca con el peso vivo, tasa cardíaca y la energía de mantenimiento y por último la energía metabolizable consumida con la energía de mantenimiento.

Cuadro No. 15. Correlaciones entre variables.

Correlaciones	Tasa cardíaca (pulsaciones/minuto)	Energía de mantenimiento (Mcal/día)	P
Energía metabolizable consumida (Mcal/día)	--	0,57	0,0001
Tasa cardíaca (pulsaciones/minuto)	--	0,31	0,07
Peso vivo ($PV^{0,75}$)	0,44	--	0,008

Como se observa en el cuadro, en este trabajo se observó correlación positiva y moderada ($r=0,57$) entre la energía metabolizable consumida y la energía destinada a

mantenimiento, indicando que frente a mayores consumos de energía metabolizable, habría mayores gastos energéticos para el mantenimiento de las funciones vitales.

Por su parte, la tasa cardíaca se correlacionó en forma positiva y con un valor intermedio a bajo con la energía de mantenimiento, indicando que mayores pulsaciones cardíacas por minuto, señalarían mayores actividades metabólicas en el animal.

Por último el peso vivo metabólico también se relacionó positiva y moderadamente con la tasa cardíaca, indicando probablemente la asociación entre tamaño (en este caso peso) y metabolismo.

5. DISCUSIÓN

La productividad de un animal dada cierta dieta, depende en más de un 70% de la cantidad de alimento que pueda consumir y en menor proporción de la eficiencia con que digiera y metabolice los nutrientes consumidos (Waldo, 1986). En este trabajo se observó que las vacas cruza lograron los mayores consumos, lo que indica que la productividad de estas potencialmente sería mayor.

Al momento de la lactación fue cuando se observaron los mayores consumos de alimento, esto probablemente sea debido a que la vaca está requiriendo más energía debido a la producción de leche y este momento del ciclo es donde se dan los mayores consumos. Estudios de Montaña - Bermudez et al. (1990) muestran que los requerimientos de energía para el mantenimiento de la gestación eran más bajos que los de la lactancia. Las necesidades de mantenimiento se relacionan positivamente con el potencial de producción de leche (Ferrell y Jenkins, 1985) esto indica que las vacas que producen más leche requerían más energía y para lograr esto consumen más alimento.

En lactación las vacas puras en baja oferta de forraje probablemente caminaron menos kilómetros por día, en relación a las demás vacas en este momento. Esto hace que destinen menos Mcal para esta actividad, pudiendo deberse a una subestimación del registro por el GPS, o bien porque al encontrarse en baja oferta no siguieran buscando alimento para no gastar más energía. En cambio, al momento del destete se observó que las vacas en alta oferta, cruza y puras caminaron lo mismo (en kilómetros) pero cuando se estimó la energía de la actividad, las puras destinaron menos cantidad; esto puede deberse a que estas presentan menor peso vivo.

La energía de mantenimiento en vacas de cría ha sido comprobada como una variable de gran importancia en los sistemas de producción, siendo la responsable de más del 70% de los gastos totales del ciclo de cría vacuno (Jenkins y Ferrell, 1994). En este trabajo se observaron tendencias frente a distintas ofertas de forraje, en donde las vacas de baja oferta tienden a gastar más energía en su mantenimiento a lo largo del día. Conforme relatan Di Marco y Aiello (2003), esto puede estar asociado a mayores costos durante la cosecha de forraje, una vez que su difícil acceso así lo impone. Cada vez más la evidencia sugiere que los requisitos de mantenimiento de energía varían con el nivel de alimentación.

En pastoreo, las variables que determinan el consumo diario del forraje son el tiempo dedicado al pastoreo, la tasa y el tamaño de bocado; el peso de bocado es la variable del comportamiento ingestivo que mayor efecto tiene en el consumo (Hodgson,

1990), en este trabajo las vacas que se encontraban en baja oferta de forraje destinaron significativamente mayor cantidad de energía para el mantenimiento ($11,99 \pm 0,87$ vs $8,84 \pm 1,12$) a diferencia de las que se encontraban en alta oferta. Esto puede deberse a que las vacas en baja oferta de forraje poseen mayores tasas de bocado y menores pesos de bocado lo que produce un mayor costo de cosecha de alimento (Hodgson, 1990).

Las vacas que se encuentran en baja oferta generaron mayor cantidad de pulsaciones por minuto dado que aumente el metabolismo basal aumentando así el gasto de energía de mantenimiento.

A pesar de no haber significancia, son observados menores gastos energéticos de mantenimiento cuando las vacas que se encuentran en lactación destinan menos energía a mantenimiento debido a que están produciendo leche lo que demanda la mayor cantidad de energía en esta etapa del ciclo productivo. Las que mayor cantidad destinan son la que se encuentran gestando ya que están destinando energía al ternero. Por último en el destete presentan valores intermedios ya que la vaca no está gestando ni produciendo leche.

Las vacas cruza y puras destinaron la misma cantidad de energía para su mantenimiento, presentando las vacas cruza mayor desviación de la media, esto puede deberse a que el rango de variación puede ser tan grande como el 40% (Johnson, 1984). Casal¹ observó que las vacas cruza poseen órganos significativamente más pequeños en comparación con las puras, probablemente esta diferencia se relacione con gastos energéticos ($9,95 \pm 0,76$ y $10,8 \pm 1,27$ Mcal/día vs $10,8 \pm 1,27$ Mcal /día), disminuyendo así el metabolismo basal. Esto concuerda con Ferrell (1988), observo relación entre el tamaño de las vísceras y el gasto de energía para el mantenimiento.

En este trabajo se observó una correlación entre el gasto de energía de mantenimiento y la tasa cardíaca ($0,31$; $P=0,07$). Según Schutz y Deurenberg (1996), Derno et al. (1998), Brosh et al. (2002) en estudios previos encontraron una correlación de hasta $0,95$ entre la frecuencia cardíaca y el gasto de energía. Esto permitiría medir indirectamente el gasto en mantenimiento a través de la tasa cardíaca, facilitando la selección de animales por esta característica de fácil medición y menos costosa. No obstante, es necesario continuar estudiando en el tema, en especial aumentando el número de animales y periodos de muestreo para lograr con mayor exactitud en las ecuaciones. Aunque en la práctica no es tan sencillo de implementar debido a que el

¹ Espasandín, A. 2014. Com.personal.

sistema para medir las pulsaciones por minuto no es preciso y puede generar errores como por ejemplo el cinturón no siempre queda en contacto con la zona de toma de medidas en el animal ya que este se encuentra en actividad, el pelaje del animal dificulta la toma de medición por el pulsómetro. Pero creemos que es más fácil medir las pulsaciones que hacer el balance de energía para cada animal ya que para realizar el balance se presentan problemas como por ejemplo los kilómetros recorridos por el animal, la cuantificación del consumo (costoso), recolección de heces, variación de condición corporal, presentando así mayor trabajo y dinero.

Dado que existe un DEP para energía de mantenimiento solamente para algunas razas (Wilson 2000, Evans 2001), y son de muy difícil medición, sería bueno encontrar la estimación del gasto energético mediante una variable de fácil medición, como podrá ser la tasa cardíaca. A su vez esta variable ofrece mayor exactitud que la estimada mediante el peso vivo, peso metabólico o la condición corporal (Brosh et al., 1998).

Los productores seleccionan sus animales para aumentar la producción sin tener en cuenta el gasto de energía de mantenimiento (Frisch y Vercoe, 1978), pueden estar perdiendo eficiencia ya que se puede estar aumentando los requerimientos de energía de mantenimiento, que generarían un aumento en los costos de producción. Continuar realizando estudios e investigación en esta dirección buscando lograr llegar a un DEP para la energía de mantenimientos, generaría un gran avance en la ganadería. Dado que se podrá seleccionar animales con menos requerimientos que se adecuen a cada ambiente de producción, logrando así sistemas eficientes, sustentables y competitivos frente a los demás rubros.

6. CONCLUSIONES

Se observaron mayores consumos diarios de materia seca en las vacas cruzas respecto a las puras.

Los animales en lactación consumen más kilogramos de forraje que las que se encuentran en gestación y destete.

Las vacas que se encuentran en alta oferta de forraje gastan menos energía de mantenimiento que las vacas que se encuentran en baja oferta de forraje.

La tasa cardíaca se encuentra correlacionada en forma moderada y positiva con el gasto de energía de mantenimiento en vacas de cría en pastoreo de campo natural.

Sería importante continuar investigando relaciones entre variables de los sistemas pastoriles y su asociación con el gasto energético de mantenimiento, y en especial aumentar en número de animales y momentos de muestreo para lograr mayor precisión en los resultados.

7. RESUMEN

Buscando una ganadería más precisa, encontramos positivo crear un sistema que facilite y economice la selección de animales con menores requerimientos para mantenimiento, para poder obtener un beneficio económico. El objetivo del presente estudio fue estimar la energía de mantenimiento en vacas de cría de distinto grupo genético, en dos ofertas de forraje en campo natural durante 3 momentos del ciclo de cría. Para esto se cuantificaron entradas (Consumo diario de forraje y variación de Condición Corporal) y salidas de energía (Producción de leche, Locomoción y variación de Condición Corporal) con el fin de obtener la energía de mantenimiento (a través de la diferencia) y estudiar su asociación con la tasa cardíaca. Se utilizaron 24 vacas multíparas (Angus, Hereford y Cruzas F1) pastoreando 120 há de campo natural, divididas en dos ofertas de forraje (5% del PV baja oferta y 10% del PV alta oferta promedio a lo largo del año) y en tres momentos del ciclo de cría: lactación, mitad de gestación y destete. Se encontraron efectos significativos del grupo genético y momento sobre el consumo diario de materia seca. Las vacas cruce consumieron más cantidad de alimento ($9,4 \pm 0,9$ vs 7.6 ± 0.5 Kg/vaca/día, $P < 0.05$) y en el momento de la lactación ($9,9 \pm 0,7$ vs 6.8 Kg/vaca/día, $P < 0.05$) en donde se registraron los mayores consumo. En la lactación las vacas puras en baja oferta de forraje recorrieron menos kilómetros ($4,8 \pm 0,9$ Km/día), que los demás animales (promedio $6,6 \pm 0,8$ Km/día) en el mismo momento. En destete los animales cruce en alta oferta de forraje y las vacas puras en baja oferta se desplazaron más ($4,6 \pm 0,9$ y $5,2 \pm 0,7$ Km/día) que los otros tratamientos, siendo esta diferencia significativa ($P < 0,05$). La producción de leche promedio fue de $7,16 \pm 1,6$ Kg/día, sin encontrarse diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0,05$). Para la energía de mantenimiento se observaron tendencias a la significancia para la oferta de forraje ($P = 0,09$), en donde las vacas en baja oferta destinaron mayor energía para el mantenimiento ($11,99 \pm 0,87$ vs $8,84 \pm 1.12$ Mcal/animal/día). Con respecto a la tasa cardíaca las vacas cruce presentan mayores pulsaciones por minuto que las vacas puras ($P < 0,05$), independientemente de cuál sea su oferta de forraje. Los animales que se encontraban en baja oferta de forraje presentaron significativamente mayores pulsaciones por minuto ($P < 0,05$) independientemente del grupo genético al que pertenecen. En el momento del destete fue cuando se registraron mayores pulsaciones por minuto (182 ± 23 pulsaciones/minuto), mientras que en la lactancia fue cuando se registraron las menores tasas cardíacas a (184 ± 47 pulsaciones/minuto, $P < 0.05$). La tasa cardíaca se correlacionó en forma positiva y con un valor intermedio a bajo ($r = 0,31$) con la energía de mantenimiento ($P < 0.05$). Sería importante la continuidad de esta línea de trabajo, enfatizando en el aumento de registros para lograr mayor precisión en las estimaciones.

Palabras clave: Consumo; Energía de mantenimiento; Vaca de cría; Pastoreo y tasa cardíaca.

8. SUMMARY

In the search of a more accurate animal husbandry, we proved positive to create a system that facilitates and economizes the animal selection requiring less maintenance to obtain an economic benefit. The objective of this study was to estimate the maintenance energy in the breeding cows from different genetic groups, in two offers of natural forage and at different points of the breeding cycle. For this we estimated the inputs and outputs of energy to get the approximated maintenance energy (obtained by the difference of inputs and outputs) and look for a relation with the heart rate given that measuring the latter is easier and cheaper. The study was conducted with 24 cows grazing 120 Hectares of natural forage, divided in two groups of forage (5 % of the low Liveweight offer and 10% of high liveweight offer) during three different stages: lactation, gestation and weaning. As a result we discovered a significant relation between the consumption and genetic group as well as between consumption and cycle stage. The highest consumption for $P < 0,05$ were found when the crossbred cows consumed higher quantity of food ($9,4 \pm 0,9$ Kg/cow/day) and during the lactation stage ($9,9 \pm 0,7$ Kg/cow/day). On the other hand, during the lactation the pure breed cows with low offer of forage roamed less kilometers ($4,8 \pm 0,9$ Km/day) than the other animals (average $6,6 \pm 0,8$ Km/day) in the same period. In weaning stage, the crossbred cows with high forage offer and the pure breed cows with low forage offer toured even more ($4,6 \pm 0,9$ y $5,2 \pm 0,7$ Km/day) that the other treatments, making it a significant difference for $P < 0,05$. Average milk production was estimated in $7,16 \pm 1,6$ Kg/day, and no important differences for $P > 0,05$ were found. For maintenance energy we observed tendencies to important relations for the offer of forage $P = 0,09$. Where cows in the low offer allocated more energy for maintenance ($11,99 \pm 0,87$ Mcal/animal/day). Regarding heart rate, the crossbred cows present higher beats per minute than pure breed ones. ($P < 0,05$), independently of the forage offer it has. The animals in low forage offer had quite higher beats per minute ($P < 0,05$) independently of the genetic group they belong to. During weaning stage was when we registered the higher beats per minute (182 ± 23 a 184 ± 47), while the lowest beats per minute were registered during lactation stage. The heart rate had a positive correlation with a low to intermediate value ($r = 0,31$) with the maintenance energy: however we consider it is important to continue the studies in this direction given that a great advance could be made.

Keyword: Consumption; Maintenance energy; Breeding cow; Pasturage and Heart rate.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Blaxter, K. L. 1964. Metabolismo energético de los rumiantes. Zaragoza, Acribia. s.p.
2. Brinks, J. S.; Miller, W. C. 1990. Optimizing cow size, milk level and labor by computer modeling. Proc. West. Sec. Am. Anim. Sci. 41: 152-155.
3. Brosh, A.; Aarón, Y.; Degen, A. A.; Wright, D.; Young, B. 1998. Estimation of energy expenditure from Heart rate measurements in cattle maintained under different conditions. J. Anim. Sci. 76:3054-3064.
4. Cangiano, C.A. 1996. Producción animal en pastoral. Balcarce, INTA. 144 p.
5. Carriquiry, M. 2011. Cadena de la carne vacuna. In: Vassallo, M. ed. Dinámica y competencia intersectorial en el agro Uruguay 2000-2010. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 35-52.
6. Derno, M.; Lohrke, B.; Jentsch, W.; Matthes, H.-D. 1997. Effect of α 2-adrenergic stimulation and feeding on heat production of growing bulls. In: McCracken, K. J.; Unsworth, E. F.; Wylie, A.R.G. eds. Energy metabolism of farm animals. Wallingford, UK, CABI. pp. 151-154.
7. Di Marco, O. N.; Aello, M. S. 2001. Energy expenditure due to forage intake and walking of grazing cattle. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 53(1): 105-110 .
8. Evans, J. L. 2001. Genetic prediction of mature weight and mature cow maintenance energy requirements in Red Angus cattle. PhD Dissertation. Fort Collins, USA. Colorado State University. s.p
9. _____; Golden, B. L.; Hough, B. L. 2002. A new genetic prediction for cow maintenance energy requirements. In: Beef Improvement Federal Symposium (2002, Stillwater, OK). Proceedings. Stillwater, Oklahoma State University. pp. 79-88.
10. Ferrando, C.; Namur, P. 2011. Requerimientos nutricionales de la vaca con cría al pie. (en línea). La Rioja, INTA pp. 1-4. Consultado 16 jun. 2013. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/138-Requerimientos.pdf

11. Ferrel, C.L.; Jenkins, T.G. 1985. Cow type and the nutritional environment; nutritional aspects. *J. Anim. Sci.* 61:725- 741.
12. _____. 1988. Contribution of visceral organs to animal energy expenditures. *J. Anim. Sci.* 66 (Suppl. 3): 23-34.
13. Frisch, J. E.; Vercoe, J. E. 1978. Genotype x environment interaction in growth of cattle-their occurrence, explanation and use in the genetic improvement of growth. In: World Conference on Animal (4th., 1978, Buenos Aires). Proceedings. s.n.t. cap. 2, pp. 615-622.
14. Haydock, K.P.; Shaw, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Aust. J Exp. Agr. Anim. Husbandry.* 15: 663-670.
15. Hodgson, J. 1990. *Grazing management; science into practice.* New York, Logman 203 p.
16. Holmes, C.W.; Wilson, G.F. 1987. *Milk production from pasture.* London, Butterworths. s.p
17. Jenkins, T. G.; Ferrell, C. L.; Cundiff, L. V. 1986. Relationship of components of the body as related to size, lactation potential and possible effects of productivity. *Anim. Prod.* 43:245
18. _____.; _____. 1994. Productivity though weaning of nine breed of cattle under varying feed availabilities; I. Initial evaluation. *J Anim. Sci.* 72: 2787
19. Korver, S. 1988. Genetic aspects of feed intake and feed efficiency in dary cattle; a review. *Liv. Prod. Sci.* 20:1-13.
20. Laborde, D.; Holmes, C.; García, J. 1998. Consumo de pasto, comportamiento de pastoreo, y eficiencia de conversión de vacas Holstein- Friesian que difieren genéticamente por peso. *Proc. NZ Soc. Anim. Prod.* 58: 73.
21. McDonald , P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F. D.; Morgan, C. A. 1995. *Nutrición animal.* Zaragoza, Acribia. s.p
22. Marichal, M de J.; Carriquiry, M.; Trujillo, A. I. 1999. *Partición de los nutrientes en el organismo animal y su regulación.* Montevideo, Facultad de Agronomía. 123 p.
23. Montaña-Bermúdez, M.; Nielsen, M. K.; Deutscher, G. H. 1990. Energy requirements for maintenance of crossbreed beef cattle with different genetic

- potential for milk. *J. Anim. Sci.* 68: 2279– 2288.
24. NRC (National Research Council, US). 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7th. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 248 p.
 25. _____. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. 7th. ed. Washington, D. C., National Academy Press. s.p
 26. Orcasberro, R.; Soca, P.; Berretta, V.; Trijillo, A I. 1992. Estado corporal de vacas Hereford y comportamiento reproductivo. In: Evaluación física y económica de alternativas tecnológicas en predios ganaderos. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 32-35.
 27. SAS (Statistical Analysis Institute, US). 2009. User's guide. Cary, NC. s.p
 28. Schutz, Y.; Deurenberg, P. 1996. Energy metabolism; overview of recent methods used in human studies. *Ann. Nutr. Metab.* 40: 183-193.
 29. 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 *Agron. J.* 61: 422-425.
 30. Van Soest, P.V. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. ed. Ithaca, NY, Cornell University. s.p.

10. ANEXOS

Foto No. 1. Muestra del cinturón colocado en las vacas.



Foto No. 2

