

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Efecto de la oferta de forraje sobre parámetros productivos,  
reproductivos y eficiencia de uso del forraje de vacas  
primíparas en pastoreo de Campos de Basalto**

**por**

**Martín Roberto CLARAMUNT TAMMARO**

TESIS presentada como uno  
de los requisitos para obtener  
el título de Magíster en  
Ciencias Agrarias opción  
Ciencias Animales

**MONTEVIDEO  
URUGUAY**

Marzo 2015

**PÁGINA DE APROBACIÓN**

Tesis aprobada por el tribunal integrado por la Dr. (PhD) Ana Meikle (Facultad de Veterinaria, UDELAR, Uruguay), Ing. Agr. (PhD) Luciano González (Universidad de Sydney, Australia), Dra. (PhD) Carolina Viñoles (INIA, Uruguay), Ing. Agr. (Dra.) Virginia Beretta el día 17 de Marzo de 2015.  
Autor: Ing. Agr. Martín Claramunt. Director: Ing. Agr. (Dr.) Pablo Soca

Dedico este trabajo a Alfonso, Sofia, Victoria y a mis padres.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al personal de la Estación Experimental de Salto que participó en el experimento, en particular a Sergio Casco, Richard Sosa y Eduardo Silva del Área de Ganadería y a Jorge Andión, Fabián Pereira, Julio Fasana y Carlos Moltini que contribuyeron y apoyaron la realización del trabajo experimental.

A los Ing. Agr. Sylvia Saldana y Ricardo Rodríguez Palma y a la Tec. Teresa Rodríguez que apoyaron la realización de las determinaciones de pasturas y el procesamiento de muestras.

A Carolina Martinicorena, Renzo Mazzili, Carlos Armand Ugon y Alvaro Villafán que colaboraron en la ejecución y realizaron su tesis de grado en este experimento.

A la Ing. Agr. Celmira Saravia por brindarme la información meteorológica de la estación experimental.

A los Drs. Jaime Sanchiz y Enrique Villalba del Centro Médico Veterinario de Salto y al Dr. Jorge Gil que colaboraron en la realización de las ecografías de diagnóstico de preñez.

Al Ing. Agr. Oscar Bentancur por el asesoramiento en los análisis estadísticos.

A los compañeros de Facultad de Veterinaria en Paysandú, en especial a los Dr. Julio Olivera y Sergio Fierro por el apoyo durante la finalización del trabajo.

A Pablo Soca por el apoyo en la realización de la tesis, y en mi formación académica y personal.

## TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	4
TABLA DE CONTENIDO.....	5
RESUMEN.....	71
SUMMARY.....	IX
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	3
<b>1.1.1. Objetivo General.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.2. Objetivos específicos.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.3. Hipótesis.....</b>	<b>4</b>
1.2. MARCO TEÓRICO.....	4
<b>1.2.1. Balance de energía de la vaca de cría en pastoreo de Campos de Basalto: El problema objeto de estudio.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.2. Modelo conceptual del grupo de investigación Ecología y Manejo de la nutrición energética de la vaca de cría en campo natural.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.3. Enfoque y resultados de la investigación en Uruguay sobre cambios en Balance de energía de vacas primíparas.....</b>	<b>11</b>
1.3. ESQUEMA GENERAL DE TESIS.....	15

<b><u>2. MATERIALES Y MÉTODOS</u></b> .....	16
2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	16
2.2. ESTIMACIONES DEL CONSUMO DE MATERIA SECA, PRODUCCIÓN DE CARNE POR VACA Y UNIDAD DE SUPERFICIE Y DE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA DE LA PRODUCCIÓN DE CARNE.....	17
<b><u>3. EFFECT OF FORAGE ALLOWANCE ON FORAGE ATTRIBUTES, BODY CONDITION SCORE, PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE RESPONSES OF PRIMIPAROUS BEEF COWS GRAZING CAMPOS GRASSLAND</u></b> .....	22
3.1. Abstract.....	Error: No se encuentra la fuente de referencia
3.2. Introduction.....	Error: No se encuentra la fuente de referencia
3.3. Materials and methods...Error:	No se encuentra la fuente de referencia
3.4. Results.....	Error: No se encuentra la fuente de referencia
3.5. Discussion.....	Error: No se encuentra la fuente de referencia
3.6. Conclusion.....	Error: No se encuentra la fuente de referencia
3.7. References.....	Error: No se encuentra la fuente de referencia
<b><u>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u></b> .....	23
4.1. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE SOBRE EL CONSUMO DE FORRAJE POR VACA Y UNIDAD DE SUPERFICIE.....	50
4.2. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CARNE Y SU EFICIENCIA BIOLÓGICA.....	57

<b><u>5. DISCUSIÓN GENERAL</u></b> .....	61
<b><u>6. CONCLUSIONES</u></b> .....	68
<b><u>7. BIBLIOGRAFÍA</u></b> .....	69
<b><u>8. ANEXOS</u></b> .....	83

## RESUMEN

Se investigó el efecto de incrementar la oferta de forraje (FA) sobre la productividad y la eficiencia biológica (EfB; grs. Carne / kgMS consumida) de producción de carne de vacas primíparas en pastoreo de Campos, sometidas a destete temporario y Flushing. Se llevó a cabo un experimento de pastoreo con diseño de bloques completamente al azar donde se evaluaron dos niveles de FA (Bajo = Lo: 2,5 y Alto = Hi: 4 kgMS/kgPV) durante dos años consecutivos sobre la masa (FM) y composición química del forraje, carga animal, consumo de forraje por vaca (CMS) y por área (CMSA), condición corporal (BCS), probabilidad de preñez, intervalo parto concepción, peso del ternero ajustado a los 205 días (P205), producción de carne por vaca (PCV), por área (PCA) y EfB. La Hi mejoró ( $P < 0,5$ ) la FM (1470 vs  $1210 \pm 33$  kgMS/ha), BCS a fin de otoño (5,6 vs  $5,1 \pm 0,1$ ) y al parto (3,8 vs  $3,6 \pm 0,5$ ;  $P = 0,055$ ), P205 (194 vs  $175 \pm 16$  kg), intervalo parto-concepción (130 vs  $142 \pm 5$  días) y probabilidad de preñez (0,88 vs  $0,59 \pm 0,04$ ), con tendencia a reducir la carga animal ( $333$  vs  $433 \pm 38$  kg/ha;  $P = 0,12$ ). La mejora en el BCS en otoño fue consistente con la tendencia al aumento de FM (400 kgMS/ha) y el CMS (0,26% PV) en dicha estación y podría explicar el incremento ( $P < 0,1$ ) en la probabilidad de preñez, PCV (151 vs  $81 \pm 9$  kg/vaca), EfB (52 vs  $30 \pm 3,5$  grs. Carne/kgMS) y PCA (125 vs  $95 \pm 10$  kg/ha;  $P = 0,13$ ). La FM en el año 1 fue inferior en otoño e invierno y superior en verano, comparado con el año 2. La FA habría contribuido a atenuar el efecto año dado que a excepción del P205 (Año 1= 192 vs Año 2  $177 \pm 16$  kg), el efecto año y la interacción con la FA no modificó las variables de respuesta. El aumento de FA mejoró la repuesta reproductiva, productiva y la eficiencia global de uso de la energía para producción de carne, y podría contribuir a atenuar los efectos negativos de la variabilidad climática con mejoras del resultado físico-económico de la cría vacuna en Campos.

Palabras claves: pastizales nativos, primíparas, eficiencia biológica

## EFFECT OF FORAGE ALLOWANCE ON REPRODUCTIVE, PRODUCTIVE RESPONSE AND BIOLOGICAL EFFICIENCY OF PRIMIPAROUS BEEF COWS GRAZING CAMPOS ON BASALTO

### SUMMARY

The objective was to study the effect of forage allowance (FA) over the productivity and biological efficiency (EfB) to meat production of primiparous cows grazing Campos with temporary weaning and flushing. A grazing experiment in a completely randomized block design was used to evaluate the effect of two FA (Hi: 4 and Lo: 2.5 kg DM/kg LW) during two consecutive years on forage mass (FM) and chemical composition, stocking rate, forage intake per cow (CMS) and per area (CMSA), body condition score (BCS), probability of pregnancy, calf weight adjusted to 205 days, meat production and EfB. The Hi improved FM (1470 vs 1210  $\pm$  33 kgDM/ha;  $P < 0.05$ ), BCS at the end of the autumn (-90 days postpartum [DPP] 5.6 vs 5.1  $\pm$  0.1 units) and at calving (3.8 vs 3.6  $\pm$  0.5;  $P = 0.055$ ), calf weight at 205 days (194 vs 175  $\pm$  16 kg), calving-conception interval (130 vs. 142  $\pm$  5 days) and probability of pregnancy (0.88 vs 0.59  $\pm$  0.04), and tended to reduce the stocking rate (333 vs 433  $\pm$  38 kgLW/ha;  $P = 0.12$ ). The improvement in BCS during autumn was coincident with a tendency to improve FM 400 kgDM/ha and CMS 0.26% in Hi vs. Lo. The greater BCS in Hi could explain the increase in the probability of pregnancy and therefore, mainly explain meat production per cow (151 vs 81  $\pm$  9 kg calf weaned/cow), EfB (52 vs 30  $\pm$  3.5 gr. calf/kg DM) and production per area (125 vs 95  $\pm$  10 kg/ha;  $P = 0.13$ ). The FM in autumn and winter were lower and greater in summer of year 1 vs 2. Except for calf weight at 205 days (Year 1= 192 vs 2 177  $\pm$  16 kgLW), year and year\*FA did not affect the response variables, suggesting that FA control contributed to attenuate the year effect. Greater FA improved the productive response and energy use efficiency for meat production. Forage allowance could improve the economic result of cow calf systems and attenuate the negative effects of climatic variability.

Keywords: rangelands, primíparous cows, biological efficiency

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Uruguay se encuentra ubicado en la región de Campos, la mayor unidad biogeográfica de pastizales nativos de América del Sur y una de las más importantes del mundo (Soriano, 1991; Carvalho et al., 2011a). Los Campos constituyen la base económica y productiva de la ganadería del Mercosur y proveen servicios ecosistémicos, lo cual justifica el diseño de investigación para mejorar la productividad, el resultado económico y la sostenibilidad de los ecosistemas ganaderos.

El 21% del territorio de Uruguay (4,1 millones de hectáreas) corresponde a la región de Basalto, donde el 65% de los suelos se clasifican como superficiales (Altamirano et al., 1976). Estos suelos, se caracterizan por una limitada capacidad de almacenar agua, lo cual contribuye a explicar la marcada variabilidad en la producción de forraje durante primavera y verano (Berretta y Bemhaja 1998; Guido et al., 2014). La superficialidad de los suelos constituye una restricción para la expansión agrícola, forestal e implantación de pasturas sembradas, lo cual fundamenta que en el Basalto se concentre la mayor proporción de pastizales nativos y predios ganaderos de cría vacuna del Uruguay (Lezama et al., 2011; DIEA, 2013). A pesar de la variabilidad en la producción de forraje de los Campos y en particular en Basalto, los ganaderos no emplean modelos de gestión espacio-temporal del forraje. Esto contribuye a explicar el registro de 62 por ciento de destete vacuno y 70 kilos de carne vacuna / hectárea (DIEA, 2013; Molina, 2014).

En los ecosistemas pastoriles, la carga animal (número de animales / unidad de superficie) ha sido identificada como la principal variable de manejo para gestionar el forraje (Cingolani et al., 2008). Esto justifica, contar con modelos que relacionen la carga animal con la producción de forraje, carne por animal y unidad de superficie. No obstante, en ambientes donde el clima controla la producción de forraje, la toma de decisiones en base a carga animal fija, determinaría períodos de sobre y sub pastoreo que deprimen la producción y consumo de forraje (Bransby, 1989). Esto explica

que el control de la oferta de forraje (FA: relación entre kilogramos de MS de forraje y kilos de peso vivo animal; Sollenberger et al., 2005) provocó una importante mejora de la producción de carne con cría y recría por unidad de superficie sin incrementar el costo unitario de producción de Campos (Piaggio, 1994; Nabinger et al., 2000; Do Carmo, 2013). En animales en crecimiento, niveles de FA de 4 y 5 kg MS / kg PV anual maximizaron la producción de forraje y de carne por animal respectivamente (Nabinger et al., 2000). Los cambios estacionales en la FA, mejoraron la utilización del forraje y producción de carne por unidad de superficie (Soares et al., 2005) y constituyen un paso tecnológico posterior al manejo de Campos en base a control de la FA (Carvalho et al., 2011a). No obstante, en Uruguay y la región son escasos los experimentos que evalúen el efecto de la FA sobre la productividad de la cría vacuna sobre el ecosistema Campos. El aumento de 2,5 a 4 kg MS / kg PV anual mejoró la producción de carne por animal, unidad de superficie y eficiencia biológica (gramos de ternero producido / kg de forraje consumido) de producción de carne en vacas multíparas en la región noroeste de nuestro país (Do Carmo, 2013). Este experimento se realizó en el noroeste del país sobre suelos profundos y no se cuenta con información sobre la región Basalto, la de mayor importancia en la cría vacuna del Uruguay y que presenta las limitantes en la capacidad de retención de agua y fragilidad productiva frente a variaciones climáticas. Más aún, el modelo animal utilizado (Do Carmo, 2013) fue la vaca adulta, que al haber finalizado su crecimiento presenta una ventaja comparativa -mayor resiliencia frente a cambios en la oferta de alimentación- que la vaca primípara (Soca y Orcasberro, 1992).

Las vacas primíparas constituyen aproximadamente un 20% del rodeo de cría nacional con inferiores porcentajes de preñez y pesos al destete que las multíparas (DIEA, 2013). Durante la gestación y lactancia la vaca primípara continua creciendo, lo cual explica incrementos de requerimientos de energía, mayor sensibilidad a restricciones en el consumo de energía y constituye un modelo metabólico diferente que las adultas (Grimard et al.,

1995). La categoría animal, en especial, la sensibilidad de las respuestas reproductivas de vaca primíparas a la variación en la oferta de alimentos, llevó al grupo de Ecología y Manejo de la nutrición energética de la vaca de cría sobre campo natural de Facultad de Agronomía, Universidad de la República de Uruguay, a plantear un modelo de manejo animal diferencial para nuestros sistemas de producción. Dicho grupo postuló que en base el manejo de vacas y vaquillonas en lotes diferentes, destete temporario a inicio de entore, diagnóstico de preñez y manejo de la relación planta-animal (oferta de forraje en base a BCS) se podía mejorar el consumo de energía y los niveles de producción de la vaca de cría (Soca y Orcasberro, 1992). Para esa propuesta se consideraba el manejo del rodeo en base a la altura de pasto que permitiera lograr niveles de BCS al parto de 4 unidades para vacas adultas y superiores (4,5 unidades) para primíparas.

En base a estos antecedentes, se propuso evaluar el efecto de modificar la FA sobre la performance reproductiva-productiva, producción por animal y unidad de superficie de la cría vacuna con vacas primíparas en pastoreo de Campos de Basalto.

## **1.1. OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **1.1.1. Objetivo General**

Estudiar el efecto de incrementar la oferta de forraje sobre la masa y composición química del forraje, su utilización, producción de carne y eficiencia biológica de uso de la energía de vacas primíparas pastoreando Campos de Basalto.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

1) Evaluar el efecto de incrementar la FA en dos años consecutivos sobre la masa y composición química del forraje, carga animal, condición corporal, peso vivo de los terneros, intervalo parto-concepción y probabilidad de preñez.

- 2) Cuantificar el efecto de incrementar la FA sobre el consumo de forraje por vaca y unidad de área, y analizar su impacto en la dinámica temporal de la masa de forraje y BCS de las vacas.
- 3) Cuantificar el efecto de incrementar la FA sobre eficiencia biológica (gramos de ternero producido / kg de forraje consumido) y producción de carne por vaca y por unidad de área del sistema de cría vacuna con vacas primíparas en Basalto.
- 4) Desarrollar un modelo conceptual del efecto de la FA sobre los factores que controlan la producción de carne en vacas primíparas sometidas a destete temporario y Flushing en pastoreo de Campos de Basalto.

### **1.1.3. Hipótesis**

El incremento en la oferta de forraje aumenta la masa de forraje, la condición corporal, la producción de carne por vaca y la eficiencia biológica. Para ello es necesario reducir la carga animal y se reduce la producción de carne por unidad de área.

## **1.2. MARCO TEÓRICO**

### **1.2.1. Balance de energía de la vaca de cría en pastoreo de Campos de Basalto: El problema objeto de estudio**

El balance de energía de la vaca de cría ha sido expresado como la diferencia entre los requerimientos para mantenimiento, producción y el consumo de energía (Brosh et al., 2002; Jouven et al., 2008).

Las vacas primíparas generalmente no alcanzan el peso adulto durante la primera gestación y lactancia dado que aún se encuentran creciendo. Esto explica que los requerimientos de energía por kilogramo de PV metabólico de vacas primíparas fueran superiores que vacas adultas (NRC, 2000). Estos factores sumado a los requerimientos por gestación,

lactancia y el estrés del parto de vacas primíparas (Ciccioli et al., 2003), las torna más sensibles que las adultas a restricciones en el consumo de energía y las define como un modelo metabólico y de partición de nutrientes muy exigente (Grimard et al., 1995). El consumo de energía depende de los atributos del forraje, principalmente masa de forraje (FM) y altura, los cuales en Campos son controlados por el efecto de la interacción entre intensidad de pastoreo y el clima sobre la tasa de crecimiento. Esto torna más desafiante el modelo de trabajo: vaca primípara en pastoreo de campos de Basalto.

El 70 por ciento del área de Campos de Basalto corresponde a suelos superficiales lo cual contribuye a explicar el modelo de producción anual de forraje y la variabilidad entre y dentro de años (Figura 1a).

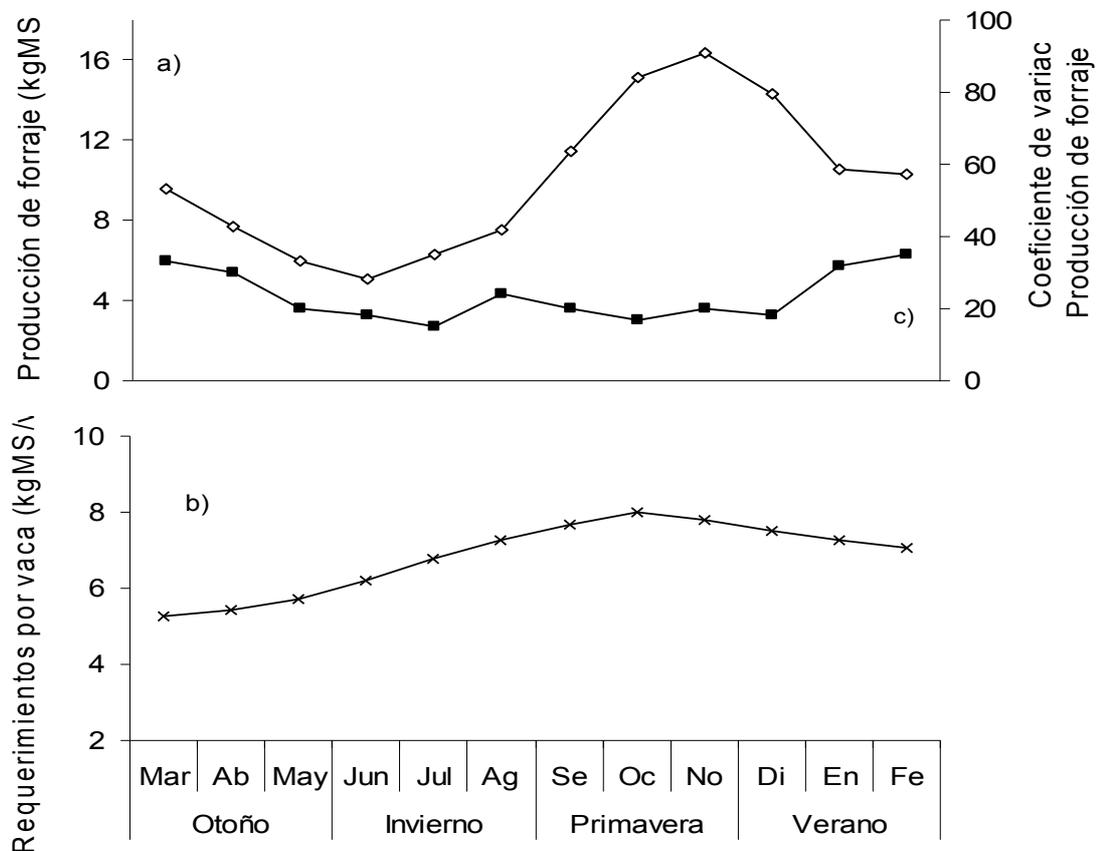


Figura 1. Media (◇) y coeficiente de variación (■) mensual de la producción

de forraje para cuatro años en Campos de Basalto (a) y requerimientos de forraje por vacas que paren en setiembre (b) (Elaborado en base a Baeza et al. (2010) y NRC (2000)).

En vacas de cría con partos a inicio de primavera, los requerimientos se incrementan desde el otoño siendo máximos a inicio de lactancia (Figura 1b). La parición se lleva a cabo durante primavera lo cual explica el desacople entre requerimientos – crecimiento de forraje durante invierno y último tercio de gestación. No obstante, el consumo de energía y la tasa de crecimiento de forraje son controlados por la masa de forraje la cual depende de interacción entre la carga animal, clima y los niveles de cantidad de forraje. Una carga animal fija de una vaca por hectárea (1 Unidad

Ganadera = vaca de 380 kg PV;), provocaría que durante Junio y Julio en años promedio los requerimientos no son cubiertos. En años con reducción en la FM y producción de forraje durante el otoño este desacople sería de mayor duración. Estos meses corresponden a los últimos 5 meses de gestación e inicio de lactancia. Este desfase podría ser más prolongado y/o intenso en Campos de Basalto que otros modelos estudiados por la investigación nacional (Briano et al., 2013; Guido et al., 2014). El control de la cantidad de forraje asignado a través de la FA, emerge como una herramienta de manejo para controlar dicho desacople y reducir su efecto en el balance de energía del rodeo de cría (Soca et al., 2013d). Este desacople, genera un balance de energía negativo durante el último tercio de gestación y ha sido identificado como el principal factor que explica la baja BCS al parto, largo período parto-concepción y bajos porcentaje destete de los rodeos de cría en Uruguay (Soca y Orcasberro, 1992).

### **1.2.2. Modelo conceptual del grupo de investigación Ecología y Manejo de la nutrición energética de la vaca de cría en campo natural**

La investigación del grupo Ecología y Manejo de la nutrición energética de la vaca de cría en campo natural de Facultad de Agronomía, basada en análisis de registros de rodeos experimentales y el diseño de experimentos de pastoreo, permitió postular una Propuesta de Manejo del Rodeo de Cría en pastoreo de Campos (Soca y Orcasberro, 1992). El manejo del rodeo en base a la altura de pasto y los niveles de BCS permitirá obtener 4 y 4,5 unidades de BCS al parto (escala de 1-8; Vizcarra et al. 1986) y optimizar la probabilidad de preñez en vacas multíparas y primíparas respectivamente (Figura 2).

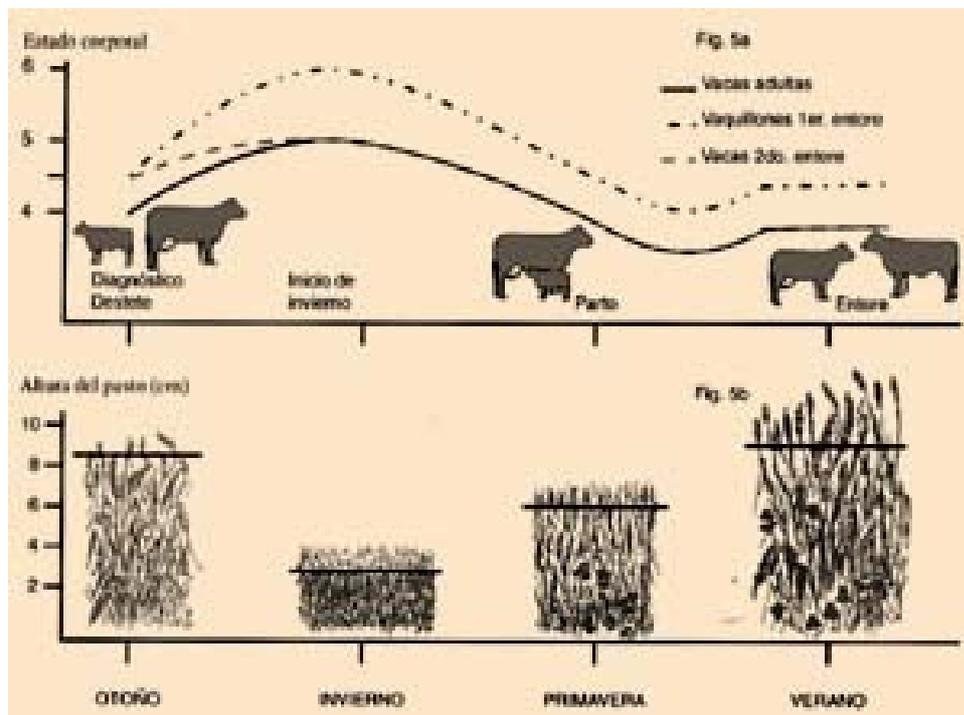
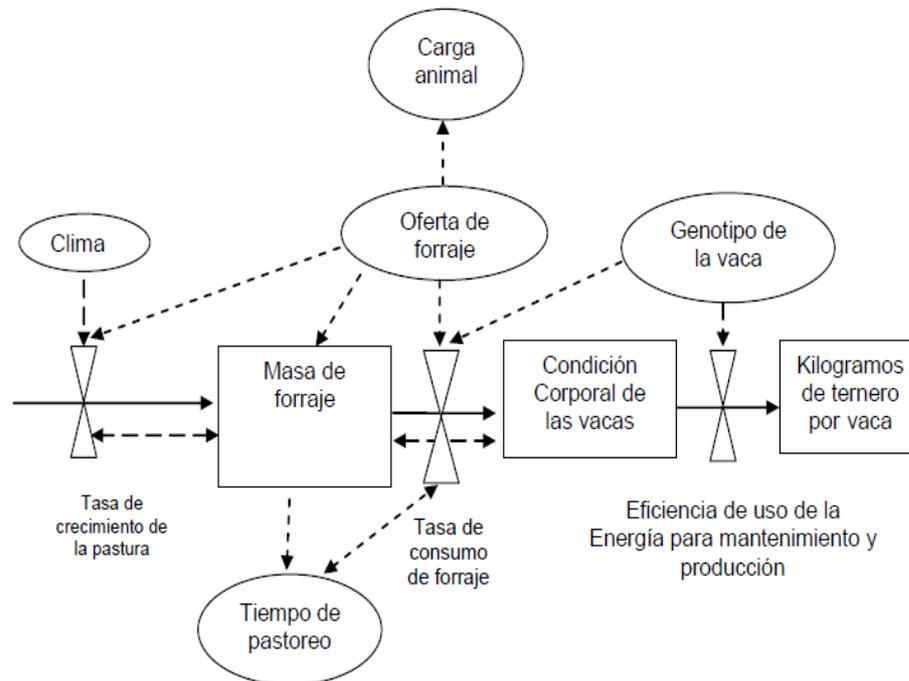


Figura 2. Propuesta de Manejo del Rodeo de Cría en pastoreo de Campos generada por la investigación de la Facultad de Agronomía Universidad de la República, Uruguay (Soca y Orcasberro, 1992).

Los experimentos que dieron origen a esta propuesta y sus resultados han sido sintetizados por Soca y Orcasberro (1992) y Soca et al. (2007). Su aplicación, que incluyó el destete temporario mediante el empleo de tablilla nasal a los terneros durante 11 días a inicio de entore, permitió incrementar la producción física e ingreso neto económico de sistemas de producción criadores de Basalto y Este del Uruguay (Soca et al., 2007). Los experimentos sobre los cuales se elaboró dicha propuesta tuvieron como objetivo evaluar el efecto de cambios en la FM o altura de pastura durante un corto período del ciclo productivo de la vaca (40-80 días) en gestación temprana y tardía sobre la evolución de la BCS. Dichos experimentos fueron llevados a cabo con diferentes animales y sitios experimentales, y reflejaron las modificaciones en el plano de alimentación durante el segundo tercio (otoño) (Orcasberro et al., 1990), último tercio de gestación (invierno) (Erosa

et al., 1992; Trujillo et al., 1996) y entore (verano) (Barbiel et al., 1992) sobre la evolución de BCS y la probabilidad de preñez. Este modelo mejoró la gestión de Campos con el rodeo de Cría (Figura 2), no obstante, fue elaborado con limitantes en la información analítica por: a) escaso número de experimentos puntuales que no cuentan con replica temporal (a excepción del reportado por Trujillo et al. (1996)); b) no se emplearon vacas primíparas como modelo experimental c) no se experimentó con el ciclo de producción completo (inicio gestación-destete) y d) no se tomó en cuenta la relación entre intensidad de pastoreo y la producción, utilización y eficiencia de conversión del forraje consumido en producto animal.

El modelo de investigación en la presente tesis intentó superar estas limitantes a través de modelos conceptuales y experimentos que permitan comprender cambios en la gestión de la intensidad de pastoreo a través del incremento en la FA y su efectos sobre el flujo de energía en un sistema de cría vacuna bajo pastoreo de Campos (Figura 3).



Referencias:

Rectángulo: variable en que se mide el estado o nivel del sistema.

Línea continua: flujo de energía.

Línea punteada: regulación de flujo o feedback (que puede ser positivo o negativo).

Círculo: variable auxiliar influencia de la variable sobre el proceso o estado del sistema y del sistema (basado en Forrester 1995).

Figura 3: Modelo conceptual del flujo de energía en el sistema de cría vacuna en pastoreo de Campos.

Dicho modelo, representa el flujo de energía del ecosistema de cría vacuna en pastoreo de Campos modulado a través de los procesos de producción, utilización de forraje, y eficiencia de conversión del forraje consumido en kilogramos de ternero destetado. Las tasas que regulan esos procesos (crecimiento, consumo de forraje y utilización de la energía para mantenimiento y producción, respectivamente) reflejan mecanismos de control de las variables de estado del sistema (masa de forraje, BCS y kilos de ternero destetado) (Figura 3). El modelo conceptual incluye el factor antropogénico en base al control de la FA y la elección del grupo genético de la vaca. La carga animal resulta una variable de respuesta a los niveles de

FA empleados. En base a esta propuesta, se ejecutó un experimento de medio-largo plazo con el objetivo de estudiar el efecto de incrementar la FA (2,5 y 4 kg Ms/kg PV) y el grupo genético (Puro vs Cruza) de la vaca de cría sobre la productividad y eficiencia de uso de la energía de la cría vacuna (Do Carmo, 2013; Soca et al., 2013d) sobre las unidades de suelos Zapallar y Fraile Muerto. El aumento de la FA incrementó la masa de forraje (1860 vs 1140 ± 114 kg MS/ha) y la tasa de acumulación de forraje (14,7 vs 12,1 ± 1,7 kg MS/ha/día) y ambos mejoraron el consumo de energía (Do Carmo, 2013). La reducción del tiempo diario de pastoreo, incremento de la rumia y cambios en el patrón espacial habrían contribuido a reducir los requerimientos de energía para pastoreo y a explicar la mejora en la BCS del grupo alta oferta de forraje (Scarlato, 2011; Soca et al., 2013d). Esto mejoró la eficiencia en el uso de la energía, la productividad por vaca y por unidad de área, mediante un aumento de 6% en la tasa de destete y 15 kg el peso de los terneros al destete sin reducciones en la carga animal (Do Carmo, 2013). Pequeñas modificaciones en el consumo de energía podrían haber mejorado la eficiencia de uso de la energía como lo indican las concentraciones de hormonas metabólicas, niveles de producción de leche y retorno a la ciclicidad ovárica del grupo alta FA (Laporta et al., 2014).

A pesar de la importancia del Basalto para la cría vacuna del Uruguay, no encontramos antecedentes que evalúen el efecto de la carga animal o FA sobre la producción de carne de rodeos de cría. Esto explica que no se disponga de modelos cuantitativos para el manejo de la FA o carga animal en base a su efecto sobre la producción, utilización y eficiencia de conversión de forraje a carne con vacas primíparas en Campos de Basalto.

### **1.2.3. Enfoque y resultados de la investigación en Uruguay sobre cambios en Balance de energía de vacas primíparas**

En el Uruguay, la investigación para mejorar el desempeño productivo de vacas primíparas se basó en experimentos de corta duración para

mejorar la probabilidad de preñez. Dichos trabajos cambiaron el balance de energía con intervenciones tácticas al inicio del entore basadas en el control del amamantamiento y la oferta de suplemento energético o pasturas mejoradas durante 20-25 días (Pérez-Clariget et al., 2007; Quintans et al., 2008; Soca et al., 2013a). Este enfoque permitió desarrollar herramientas de bajo costo que mejoraron la probabilidad de preñez de vacas primíparas con BCS al parto “sub-óptimo” (inferior a 4,5 unidades, Escala visual de 1-8). La respuesta reproductiva fue dependiente de la BCS al parto que a su vez reflejó la historia nutricional o memoria metabólica y que se asoció a la oferta de forraje preparto (Soca et al., 2013 a; Soca et al., 2013 c).

El modelo de desacople entre requerimientos y consumo de energía reportado en la Figura 1 ha sido estudiado por los experimentos con vacas primíparas (Astessiano et al., 2014; Soca et al., 2013 b). La magnitud de la caída del BCS desde el preparto al posparto temprano se explicó por el balance de energía negativo durante el último tercio de gestación en invierno e inicio de lactancia. Las vacas con mejor BCS a inicio de invierno registraron pérdidas superiores de BCS lo cual coincide con la información de vacas adultas (Trujillo et al., 1996). Esta pérdida de BCS está asociada positivamente con el BCS al inicio del invierno y negativamente con la altura del forraje (Trujillo et al., 1996). Con mayor pérdida de BCS se incrementaron la concentración de ácidos grasos no esterificados (AGNE) y urea (Soca et al., 2013b; Scarsi et al., 2013), reflejando un estado de catabolismo de tejido graso y muscular respectivamente, y se redujo el factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1)(Soca et al., 2013b; Astessiano et al., 2014). Por otro lado, vacas primíparas con menor BCS al parto (3,5 vs 4, escala 1-8) presentaron concentraciones superiores preparto de AGNE y urea, y menores concentraciones de IGF-1 que vacas con BCS al parto de 4, indicando a pesar de tener menores pérdidas de BCS un estatus metabólico mas catabólico durante el preparto (Soca et al 2013b). Los niveles de IGF-1 actuarían como una señal en el corto y largo plazo para mejorar el reinicio a

los ciclos estrales posparto y la probabilidad de preñez (Wettemann y Bossis, 2000; Hess et al., 2005).

Respecto a tratamientos de FA en vacas primíparas, solo se encontró el trabajo de Briano et al. (2013), donde el aumento de la oferta de forraje de 5 a 15 kg MS/100kgPV/día durante 6 semanas preparto aumentó el consumo de forraje que se asoció a mejoras de BCS al parto, a mejores probabilidades de preñez, producción de leche y ganancia diaria de PV de los terneros entre los 0 y 56 días posparto. El experimento no cuenta con repetición temporal y espacial, y el pastoreo conjunto de vacas primíparas y multíparas, sugirió que el BE negativo fue mucho más severo en primíparas en baja FA, debido a un menor consumo de forraje provocado por una dominancia de las multíparas (Briano et al., 2013). No obstante, los resultados estarían de acuerdo al modelo propuesto por Trujillo et al. (1996) para vacas multíparas donde el incremento de la altura de forraje durante gestación temprana-parto mejoró la BCS al parto y la probabilidad de preñez.

Por los tanto se consideró relevante proveer de información respecto de cuál es el impacto bioeconómico de la oferta de forraje en un rodeo de cría con vacas primíparas como modelo animal. En la presente tesis se propuso un análisis sistemático durante dos ciclos productivos (dos años) con un enfoque holístico, incluyendo determinaciones a nivel de pastura, del animal y a nivel del sistema de producción.

Desde el 2004 en la Estación Experimental de Facultad de Agronomía de Salto (EEFAS), se desarrolla investigación utilizando como modelo animal vacas primíparas de producción de carne en pastoreo de Campos de Basalto. Durante tres años consecutivos (2004-2006) se evaluó el efecto de la BCS, dos métodos de control del amamantamiento y la suplementación o no con afrechillo de arroz (AA) entero por 22 días al inicio del entore en vacas primíparas con BCS al parto “sub óptimo” ( $3,7 \pm 0,4$ , óptimo = 4,5 unidades), sobre el intervalo parto-ovulación, la probabilidad de preñez y estatus metabólico. Estos experimentos han sido sintetizados y publicados

en revistas arbitradas internacionales y tesis de posgrado de Facultad de Agronomía (Soca et al., 2013a; Soca et al., 2013b; Soca et al., 2013c; Soca, 2014). La suplementación con AA en vacas con control temporario de 11 días del amamantamiento resultó en un incremento de 40% la preñez durante el primer mes de entore. Una mejora en la BCS al parto y de la variación de BCS entre el parto e inicio del entore redujo el anestro posparto y mejoró la probabilidad de preñez. El control del amamantamiento y la suplementación incrementaron la concentración de Insulina e IGF-1 de vacas con BCS al parto 4 vs 3,5. El efecto de la BCS al parto jerarquiza por un lado la importancia de la nutrición en el largo plazo de vacas primíparas y también la efectividad del control del amamantamiento y la suplementación de corta duración como herramientas tácticas para reducir el anestro y aumentar la probabilidad de preñez en vacas primíparas con BCS al parto “sub óptimo”. Posteriormente a esta serie de experimentos de intervención al inicio del entore se integró dicho diseño al modelo de investigación presentado en la Figura 3. Se ejecutó un experimento con el objetivo de evaluar el efecto de la FA sobre producción y utilización de forraje, y la conversión del forraje en producción de carne. En base a un diseño experimental de bloques al azar con dos tratamientos de FA en dos bloques. Las FA fue 2,5 y 4 kg Ms/kg PV promedio anual para Baja y Alta que varió estacionalmente: 5, 3 y 4 para Alta y 3, 3 y 2 para Baja en las estaciones de otoño, invierno y primavera-verano respectivamente. Este diseño se ejecutó durante cuatro años y se dividió en dos etapas. La primera etapa corresponde a esta tesis, donde se evaluó el efecto de FA Alta y Baja en vacas que recibieron al inicio del entore destete temporario y afrechillo de arroz durante 22 días. Durante la segunda etapa, los animales se asignaron a los tratamientos de Alta y Baja FA y la mitad de los animales fueron cambiados de tratamientos de FA en el posparto temprano, sin empleo de técnicas de control del amamantamiento o flushing. La información de estos experimentos ha sido parcialmente publicadas en tesis de grado de Facultad

de Agronomía y Veterinaria (Armand Ugon y Villafán 2014; Gago et al., 2013; Delpiazzo y Garrone, 2013; Armand Ugon et al., 2014).

### **1.3. ESQUEMA GENERAL DE TESIS**

La tesis consta de cuatro capítulos: 1) Breve descripción de materiales y métodos del experimento en pastoreo utilizado y descripción de los métodos de estimaciones de consumo de materia seca, producción de carne por vaca y unidad de superficie, y de eficiencia biológica de la producción de carne (Capítulo 2); 2) diseño y análisis de un experimento de pastoreo que durante dos años consecutivos (Yr 1 y Yr 2) evaluó el efecto de la FA sobre la masa y composición química del forraje, carga animal, BCS, probabilidad de preñez, intervalo parto-concepción y peso del ternero de vacas primíparas en pastoreo de Campos de Basalto. Este capítulo se redactó como artículo científico *“Effect of forage allowance on forage attributes, body condition score, productive and reproductive response of primiparous beef cows grazing Campos grassland”* siguiendo el formato de la revista Animal Production Science (Capítulo 3); 3) análisis de estimaciones del consumo de materia seca, producción de carne por vaca y unidad de superficie y de la eficiencia biológica de la producción de carne (Capítulo 4); 4) elaboración de un modelo conceptual que analiza el efecto de la FA sobre el balance de energía y la productividad de vacas primíparas sometidas a destete temporario y suplementación de corta duración en pastoreo de Campos de Basalto (Capítulo 5).

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Durante dos años consecutivos se condujo un experimento ubicado en 92 hectáreas sobre Campos de Basalto (Berretta et al., 2000) de la Facultad de Agronomía Salto (EEFAS), Universidad de la República, Uruguay (31° 23' S, 57° 18' W). En base a un diseño de bloques completamente al azar fueron dispuestos dos tratamientos de FA en dos bloques que corresponden a potreros con diferencias en la proporción de suelos superficiales. Los tratamientos fueron Alta (Hi) y Baja (Lo) oferta de forraje (kg Materia seca / kg peso vivo; Sollenberger et al., 2005), que en promedio anual fue 2,5 y 4 kg MS / kg Peso vivo y varió estacionalmente: otoño 5 y 3, invierno 3 y 3, primavera y verano 4 y 2 kg MS/kg PV para Hi y Lo FA, respectivamente. Se utilizó mensualmente el método "Put-and-take" (Mott and Lucas 1952) para el ajuste de la FA en base a estimaciones de la masa de forraje, el peso vivo de las vacas y producción de forraje basada en reportes existentes en Uruguay (Berretta 2006). Los animales experimentales fueron vacas Hereford en su primera gestación, provenientes del rodeo de la EEFAS, que ingresaron al experimento en otoño (-150 ± 12 días posparto; media ± d.s.) y fueron sustituidas al destete definitivo de sus terneros (195 ± 12 DPP) por la siguiente generación. Las vacas experimentales se mantuvieron en las parcelas experimentales durante todo el período. Para el ajuste de la FA se utilizaron animales volantes de la misma raza, estado fisiológico y peso vivo que las vacas experimentales. Se registró la FM y composición química del forraje, carga animal, BCS, probabilidad de preñez temprana y final, el paso al nacer, a los 60, 120 y 195 días y se estimó el peso del ternero ajustado a los 205 días (P205). Se encuentra una descripción detallada del experimento, manejo de la pastura, de los animales, técnicas utilizadas y análisis estadístico en el Capítulo 3.

## 2.2. ESTIMACIONES DEL CONSUMO DE MATERIA SECA, PRODUCCIÓN DE CARNE POR VACA Y UNIDAD DE SUPERFICIE Y DE LA EFICIENCIA BIOLÓGICA DE LA PRODUCCIÓN DE CARNE

El consumo de energía (CE) por vaca se estimó como la energía requerida para cumplir con el desempeño productivo durante cada estación del año (Coates y Penning, 2000). Fueron empleados los modelos reportados por NRC (2000) y la información reportada en el experimento en pastoreo (Capítulo 3). Las estimaciones se realizaron para la fecha media de cada estación del año.

Se estimó la Energía Neta (EN) requerida para mantenimiento (EN (mant.)) diario:

$$\text{EN (mant.) (Mcal Vaca/día)} = 0,077 \text{ Mcal} * \text{Peso vivo vaca}^{0,75};$$

La EN (mant.) se multiplicó por un factor de corrección (FC) que simula la reducción en los requerimientos de mantenimiento y mejoras en la eficiencia de uso de la energía por restricciones en el plano nutricional previo basadas en la BCS (NRC, 2000).

$$\text{FC} = 0,8 + (\text{BCS} - 1) * 0,05;$$

Los requerimientos de EN de gestación (EN(gest.)) se estimaron como:

$$\text{EN(gest.) (Mcal/vaca/día)} = \text{PN} * (0,4504 - 0,000766 * (\text{DG}) * e^{((0,03233 - 0,0000275 * \text{DG}) * \text{DG})}) * 0,58;$$

donde PN, peso al nacer del ternero (kg) y DG días de gestación respectivamente.

La producción de leche (PL) se estimó como:

$$PL \text{ (kg/vaca/día)} = 2,3 * (DL^{0,3832}) * e^{(-0,0101*DL)};$$

donde DL son los días de lactancia.

La influencia de modificaciones en la FA y por la aplicación del destete temporario sobre los niveles de producción de leche se estimó en base a factores de corrección multiplicadores elaborados en base a resultados experimentales de nuestro grupo de investigación (Soca et al., 2007; Armand Ugon y Villafán, 2014; Cuadro 1).

Cuadro 1. Factores de corrección utilizados para modificar la producción de leche según oferta de forraje (Hi y Lo), estación, año (Yr1 y Yr2) y destete temporario (elaborado en base a Soca et al., 2007 y Armand Ugon y Villafán, 2014).

	Oferta de Forraje	
	Hi	Lo
Primavera	1	0,9
Verano	1	0,78
Yr 1	1,1	1,1
Yr 2	1	1
Reducción de producción de leche por Destete temporario	0,8	0,8

La conversión de la PL en EN para lactancia (EN (lac.)) se basó en:

$$EN \text{ (lac.) (Mcal/vaca/día)} = PL * ((0,1 * \% G) + 0,35) * 0,7;$$

donde % G es el contenido de grasa de la leche a 4% (Gutiérrez et al., 2012).

La estimación de la EN aportada o requerida por cambio de BCS (EN ( $\Delta$ )) se calculó como:

$$(EN(\Delta)) = \Delta PV * EK$$

donde  $\Delta PV$  es el cambio de PV durante la estación y EK es la energía por kilogramo de PV que tuvo una concentración energética diferente según el BCS (Buskirk et al., 1992). Se estimó el cambio de PV en base a la modificación de la BCS. Una unidad de BCS equivale a 30 kg de PV en base a la información relevada en el experimento.

La EN por actividad de pastoreo (EN(act.)) se estimó en base a CSIRO (1990) como:

$$EN (act.) = [(0,006 * CMS * (0,9 - D)) + ((0,05 * T)/(MFV + 3))] * (PV / 4,18);$$

donde CMS es el consumo de materia seca kgMs/día, D es la digestibilidad del forraje (en decimal), T es un factor de corrección de 1,5 que corresponde a topografía ondulada, MFV es la masa de forraje verde y PV peso vivo. La MFV se estimó en base a los registros de proporción de restos secos reportados por Piaggio (1994).

No se incluyó costos de energía por termorregulación.

Por lo tanto, la estimación del consumo de EN por vaca por día es resultado de:

$$EN (cons.) (Mcal EM/vaca/día) = (EN(mant.) * FC) + EN(gest) + EN(lac.) + EN(\Delta) + EN(act.)$$

La EN (cons.) se transformó en CMS en base a la energía metabolizable (EM) promedio anual por kilo de Materia seca del forraje (Capítulo 3) y eficiencia de uso EM/ EN de 0,62 (Brosh et al., 2004). El CMS se calculó para cada estación del año y se expresó como % del PV.

El CMS por unidad de área (CMSA) para cada estación se estimó como:

$$\text{CMSA} = \text{CMS} * \text{carga animal estacional}$$

En base a valores ajustados del peso del ternero al destete (p205) y probabilidad de preñez reportados en el Capítulo 3, se estimó la Producción de carne por vaca (PCV) como:

$$\text{PCV} = \% \text{ de destete} * \text{peso del ternero al destete definitivo}$$

El % de destete se estimó como:

$$\% \text{ destete} = \text{probabilidad de preñez} - 0,1$$

Lo que permitió considerar las pérdidas entre preñez y destete reportadas para la cría del Uruguay (DIEA, 2013).

La producción de carne anual por área (PCA) integró la PCV \* número de vacas por hectárea, la cual se estimó en base al PV por vaca en cada tratamientos/ carga animal en kilogramos por hectárea.

Se estimó la eficiencia biológica por vaca (EfB; Jenkins y Ferrell, 1994) como:

$$\text{EfB} = \text{PCV} / \text{CMS anual (CMS*365 días)}.$$

El efecto de FA, Yr, estación del año y sus interacciones sobre CMS y CMSA se analizó en base a un modelo de medidas repetidas en el tiempo, donde la unidad experimental fue la parcela experimental, y FA, Yr y estación se consideraron efectos fijos. Se utilizó el procedimiento MIXED con estructura de covarianza de Ar (1). Las medias de mínimos cuadrados se compararon mediante Tukey y fueron consideradas estadísticamente diferentes cuando  $P < 0,1$ .

La asociación simple entre variables CMS, CMSA, FM, carga animal, FA y BCS estacionales se estimó en base a el coeficiente de correlación de Pearson con el procedimiento CORR (SAS 9.0V. SAS Institute, Cary, NC, USA).

El efecto de FA, Yr y su interacción sobre el CMS anual, PCV, PCA y EfB se analizó mediante ANOVA utilizando el procedimiento MIXED. La unidad experimental fue la parcela experimental. Las medias de mínimo cuadrados se compararon por Tukey y se consideró diferencias estadísticas cuando  $P < 0,1$ .

**3. EFFECT OF FORAGE ALLOWANCE ON FORAGE ATTRIBUTES,  
BODY CONDITION SCORE, PRODUCTIVE AND REPRODUCTIVE  
RESPONSES OF PRIMIPAROUS BEEF COWS GRAZING CAMPOS  
GRASSLAND**























































## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE SOBRE EL CONSUMO DE FORRAJE POR VACA Y UNIDAD DE SUPERFICIE**

En la Figura 5 se presenta el coeficiente de correlación de Pearson entre la FA con FM, BCS, el consumo de materia seca por vaca (CMS), por unidad de área (CMSA) y la carga animal (Figura 5).

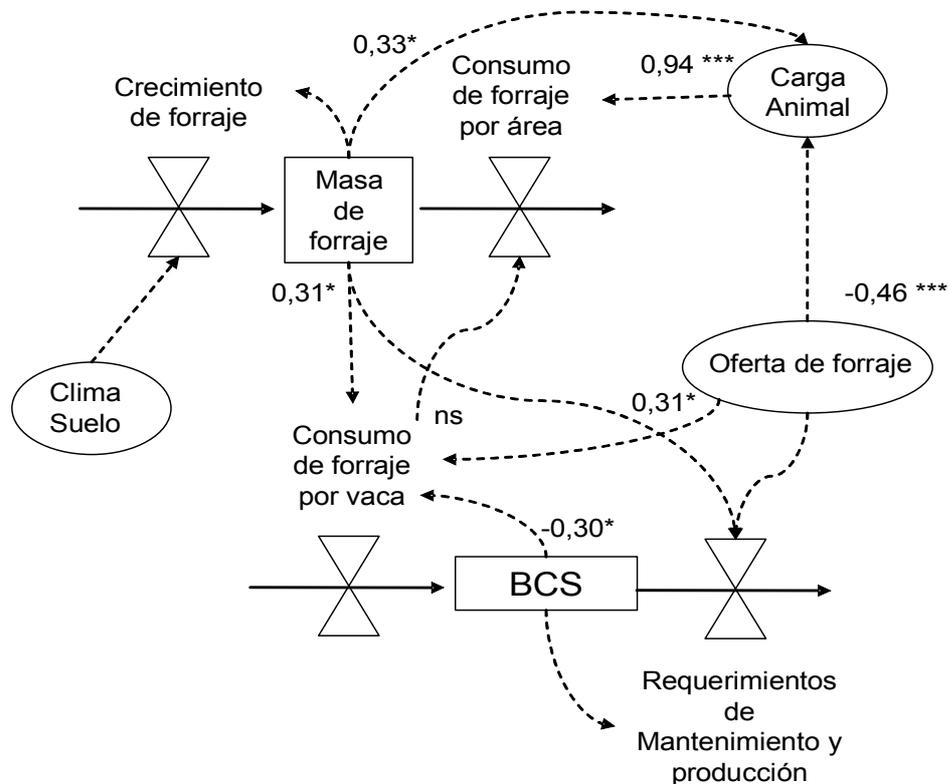


Figura 5. Modelo conceptual basado en la magnitud de la correlación simple de Pearson entre oferta de forraje, masa de forraje, consumo de materia seca por vaca, consumo de materia seca por área, BCS y carga animal.

Rectángulo: variable en que se mide el estado o nivel del sistema. Flecha continua: flujo de energía. Dos Triángulos unidos por vértice: tasa de flujo. Línea punteada: regulación de flujo o feedback (que puede ser positivo o negativo). Círculo: variable auxiliar que afecta el proceso o estado del sistema. Basado en Forrester 1995.

En las flechas de regulación de flujo se indica el coeficiente de correlación de Pearson y la significancia para  $R \neq 0$  (\*:  $0,1 > p \geq 0,05$ ; \*\*:  $0,05 > p \geq 0,01$  y \*\*\*  $p < 0,01$ ) entre las variables.

La asociación negativa entre FA y carga animal se explica porque el protocolo experimental implicó que aumentos en la FA se obtuvieron con reducciones en la carga animal instantánea. No obstante, la mejora de FA incrementó la FM lo cual explica la asociación positiva con la carga animal,

el consumo de forraje por animal y unidad de superficie. Una mejora de la BCS se asoció negativamente con el CMS (Figura 5).

La FA ( $P = 0,4$ ) y la interacción FA\*estación del año ( $P = 0,27$ ) no afectaron el CMS (Hi: 1,97 vs Lo:  $1,93 \pm 0,02$  % PV) (ANEXO 1). El aumento de FA mejoró la FM en 200 kgMS/ha sin modificar el CMS, lo cual coincidió con los modelos entre FM y CMS reportados para a región de Campos (Carvalho et al., 2011b). A partir del invierno cuando se expresan las mayores restricciones en la masa de forraje el grupo de Hi con mejor BCS presentó una superior pérdida de BCS, lo cual implicó una mayor movilización de reservas y aporte de energía (NRC, 2000). Esta movilización explicaría que la vaca podría haber decidido no invertir energía en pastoreo cuando los atributos de la pastura se tornan restrictivos (Verbeek et al., 2012). La correlación negativa entre BCS y CMS coincide con dichos trabajos donde se encontró una correlación negativa entre la leptina y el esfuerzo invertido en buscar y obtener alimento bajo importante restricción (Verbeek et al., 2012). Finalmente, los modelos para estimar el CMS usados en esta tesis podrían no representar adecuadamente procesos como la conducta en pastoreo, selectividad, cambios en la composición corporal y la historia nutricional que contribuyen a explicar los cambios en el consumo de forraje de vacunos en pastoreo (Petersen et al., 2014; Coleman et al., 2014).

Durante otoño, se encontró una tendencia a mejorar el CMS (Hi: 1,91 vs. Lo:  $1,65 \pm 0,06$  %PV), lo cual, explicaría la mejora de 0,5 unidades de BCS en Hi respecto a Lo. La FM fue 300 y 500 kgMS/ha (Yr 1 y Yr 2 respectivamente) mayor en Hi respecto a Lo durante otoño. Este aumento podría haber reducido el tiempo diario de pastoreo (Scarlatto, 2011) e incrementado el CMS (Carvalho et al. 2011b). Dichas modificaciones, podrían explicar una mejora en el balance de energía y conjuntamente con la etapa de gestación (temprana), contribuye a explicar la mejora en la BCS encontrada en Hi.

La FA ( $P=0,07$ ) y la interacción FA\*estación del año ( $P= 0,001$ ) afectaron el CMSA (Figura 6a). Dicha interacción se explicaría por los cambios en la CMSA durante la primavera - verano que reflejó la variación en la carga animal. La elevada relación entre carga animal y CMSA (Figura 5) coincide con la literatura internacional (Smart et al., 2010; Fang et al., 2014).

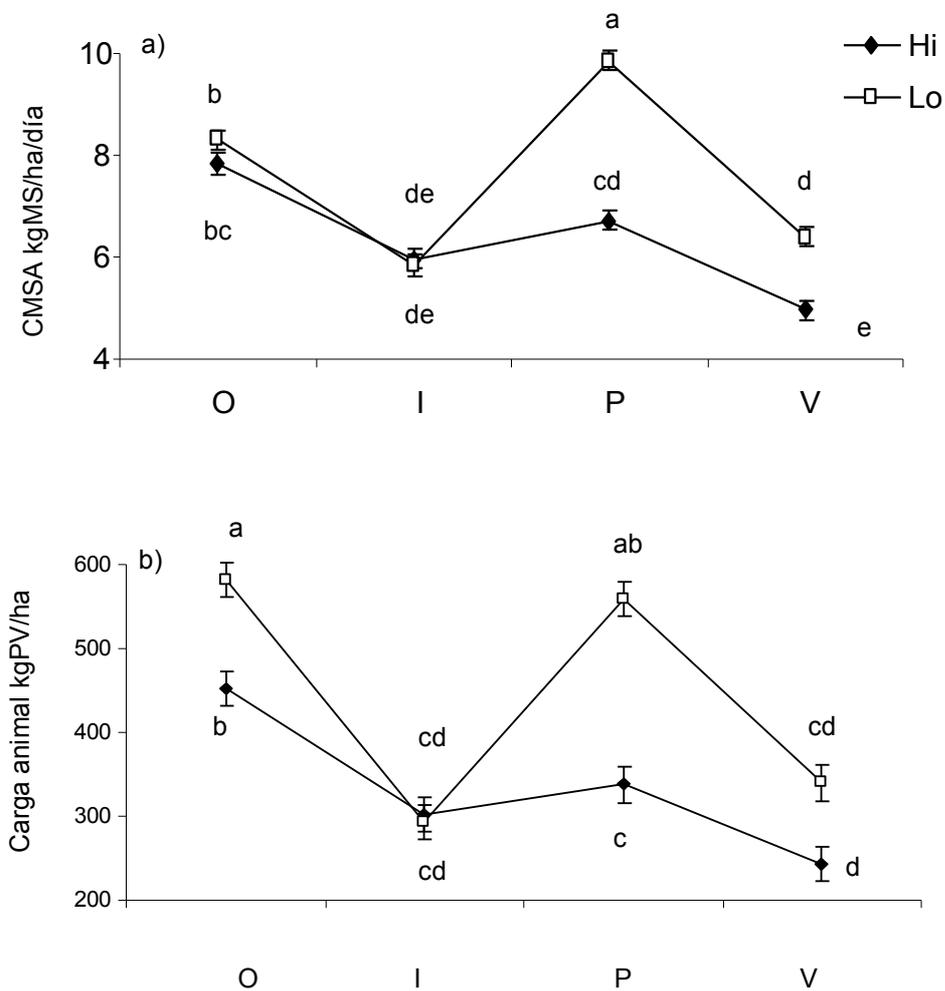


Figura 6: Efecto de la FA (Hi vs Lo) y estación del año (O = Otoño, I = Invierno, P = Primavera V = Verano) sobre a) el CMSA y b) la Carga animal (Media de mínimos cuadrados  $\pm$  error estándar).

Letras diferentes entre FA y estaciones indican  $P \leq 0,1$  entre medias.

El CMSA promedio anual de Lo fue 2,25 kgMS/ha/día superior que Hi lo cual anualizado representó 205 kgMS/ha/año valor que coincide con las diferencias de FM (Hi: 1450 vs Lo: 1210 kgMS/ha). Esto confirmaría que los cambios en el CMSA y no en tasa de crecimiento de forraje, explicarían las diferencias de FM entre FA. En ambos tratamientos fueron empleados elevados niveles de carga animal (Hi 333 vs Lo 443 ± 38 kg/ha; P=0,12). Estos niveles resultaron muy superiores a 265 kg/ha (0,7 unidades ganaderas [UG]; 1 UG = vaca de 380 kg) reportado como carga animal segura para Campos de Basalto (Pereira, 2011). Estos elevados niveles de carga animal y los registros de lluvia durante primavera –verano por debajo de la media histórica podrían explicar los niveles de FM obtenidos y la ausencia de diferencias en la producción de forraje (Moojen y Maraschin, 2002; Do Carmo, 2013).

En síntesis, el efecto de la interacción de la FA\*estación del año sobre el CMSA habría presentado un efecto de corto y otro de largo plazo sobre el patrón de evolución de FM y la BCS. La reducción del CMSA en Hi durante primavera y verano del Yr1 (1,5 y 0,75 kgMS/ha/día respectivamente) explicaría parte de las mejoras en FM durante otoño del Yr 2. Los niveles de CMSA durante otoño e invierno (8 y 6 kgMS/ha/día respectivamente) coincidieron o fueron superiores al crecimiento de forraje lo cual confirma que no explicarían el nivel de FM durante otoño. La mejora de FM en otoño contribuiría a explicar la mejora del CMS, la BCS y el balance de energía durante otoño-invierno. Esta mejora de BCS, constituiría en parte, lo denominado como memoria metabólica y explicaría la mejora en la probabilidad de preñez temprana y total de Hi. Cuando vacas primíparas en BCS “subóptima” al parto fueron sometidas a destete temporario y flushing mejoraron la preñez temprana, total y redujeron el intervalo parto concepción si provienen de Hi. Por ende, para el Basalto una señal generada a una escala de tiempo muy anterior (primavera Yr1) podría explicar la evolución de BCS durante el otoño y el desempeño reproductivo durante el verano siguiente (Yr2, casi un año después). Estos mecanismos permiten confirmar

la complejidad del ecosistema de Basalto y la utilidad del estudio de la nutrición energética de vacas primíparas todo el ciclo productivo de la vaca y con réplica temporal.

El CMS ( $P = 0,001$ ; Figura 7a), CMSA ( $P < ,0001$ ; Figura 7b) y carga animal ( $P = 0,0004$ ; Figura 7c) resultaron afectadas por la interacción Yr\* estación del año.

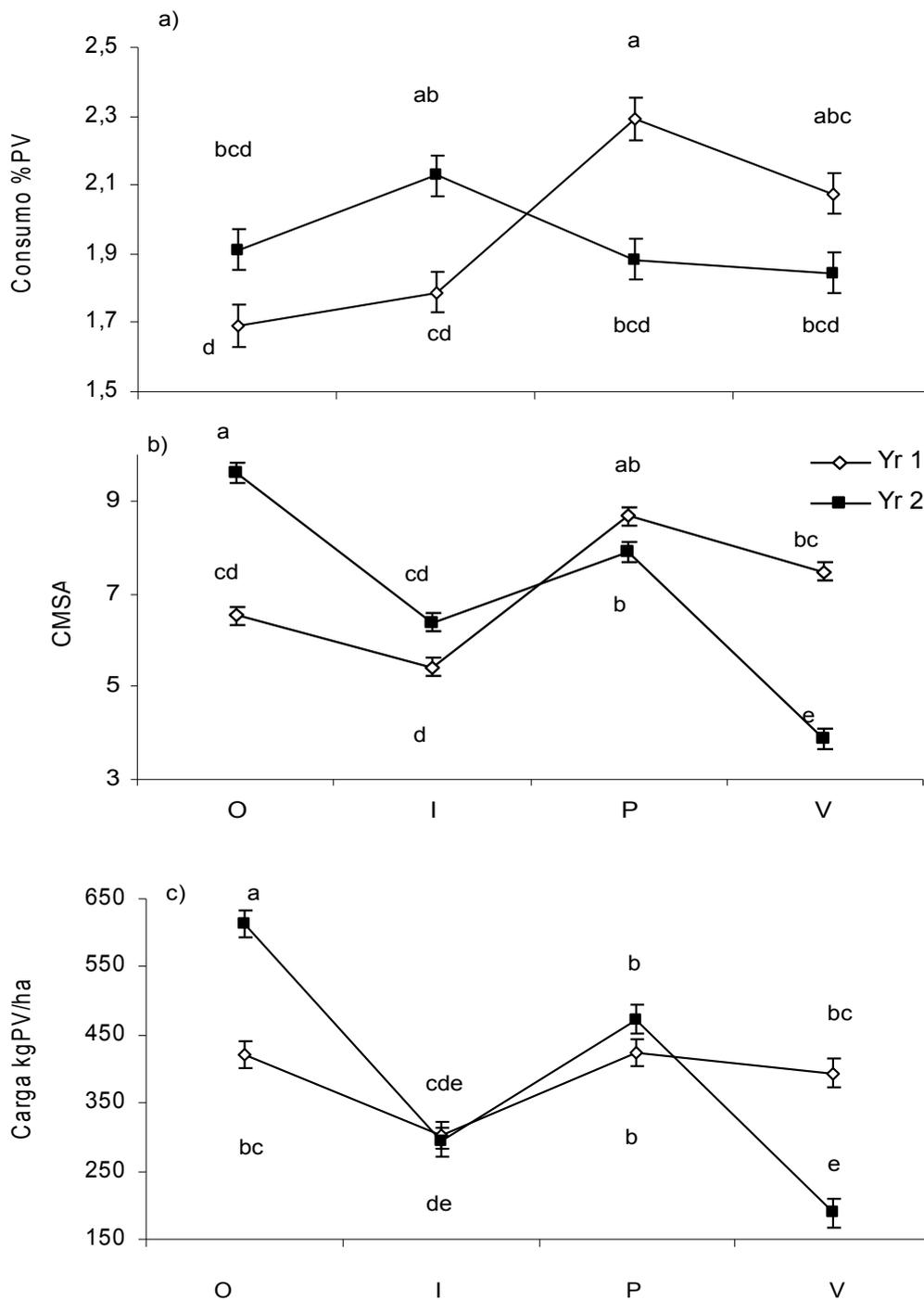


Figura 7: Efecto del año (Yr 1 y 2) y estación (O= Otoño, I= Invierno, P= Primavera V=Verano) del año sobre a) Consumo de materia seca por animal CMS, b) Consumo de materia seca por unidad de superficie CMSA y c) Carga animal (Media de mínimos cuadrados  $\pm$  error estándar).

Letras diferentes entre FA y estaciones indican  $P \leq 0,1$  entre medias.

Entre años el CMS difirió en invierno y primavera pero no en otoño y verano (Figura 7a). No obstante, frente a cambios de 100 por ciento de la FM la diferencia en el CMS resultó entre 11 y 16 % durante el verano y otoño- invierno del Yr1 y Yr 2, respectivamente (Figura 7a). De no haber encontrado en la FA un procedimiento para gestionar el forraje dicha variabilidad se habría “trasladado” al consumo de energía (Carvalho et al., 2011b). El ajuste de la FA resultó en que FM y carga animal se asociaron positivamente (Figura 5) y habría permitido reducir la carga animal y el CMSA cuando los niveles de FM fueron bajos (otoño y verano del Yr 1 y Yr 2) y a aumentarlos cuando la FM fue elevada (otoño y verano del Yr 2 y Yr 1) (Figura 7 b y c). Esto contribuye a explicar el efecto atenuador de la FA sobre los niveles de CMS y por ende en los niveles de producción.

#### **4.2. EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CARNE Y SU EFICIENCIA BIOLÓGICA**

En el Cuadro 2, se presenta el efecto de la FA y del año sobre el consumo de forraje anual (CMS; kgMS/vaca/año), producción de carne por vaca (PCV), por unidad de superficie (PCA) y la eficiencia biológica de la producción de carne (EfB) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto de la oferta de forraje (Hi vs Lo), año y su interacción sobre el consumo de materia seca anual (CMS), producción de carne por vaca (PCV), producción de carne por área (PCA) y Eficiencia biológica (EfB) (Medias de mínimos cuadrados).

	FA		Yr		ee	Significancia		
	Hi	Lo	1	2		FA	Yr	FA*Yr
CMS								
(kgMS/vaca/año)	2884 a	2665 b	2737 b	2825 a	13	0,001	0,02	0,26
PCV (kg/vaca)	151 a	81 b	125	106	9	0,014	0,3	0,7
PCA (kg/ha)	125	95	121	99	10	0,13	0,2	0,7
EfB (Grs./kgMS)*	52,4 a	30,5 b	45,5	37,3	3,5	0,02	0,2	0,75

Letras diferentes entre FA o Yr indican  $P \leq 0,1$  entre medias.

ee = error estándar

\* EfB = Eficiencia biológica expresado en gramos de ternero destetado dividido kg de MS de forraje consumida (Jenkins y Ferrell, 1994). Energía metabolizable por kg de MS del forraje fue 2 Mcal

El incremento de la FA aumentó un 8, 86 y 72% el CMS, PCV y EfB respectivamente (Cuadro 2), lo cual permitió aceptar una de las principales hipótesis que orientó esta investigación. Esto coincide con experimentos nacionales que evalúan un incremento similar de FA en vacas de cría adultas, no obstante, la magnitud de la mejora resultó superior (Do Carmo, 2013). Esto reflejó la importancia que tendría la mejora de la probabilidad de preñez total sin modificaciones en el consumo de energía de la vaca que se registró en Hi. El aumento de la FA permitió mejorar la EfB con destino a eventos reproductivos e incrementó los kilogramos de destete producido por vaca entorada. La tendencia a mejorar el CMS durante otoño podría haberse asociado con aumentos en las concentraciones de hormonas metabólicas (insulina e IGF-I) vinculadas al metabolismo de la energía dado que informan al sistema nervioso central sobre el status energético (Chagas et al., 2006). Esta mejora en BCS se habría asociado con un incremento de la concentración de leptina (Blanc et al. 2006). Dichas señales podrían haberse

constituido en la “memoria metabólica” con la cual la vaca atravesó los diferentes etapas fisiológicas hasta el momento donde se aplicó destete temporario y Flushing y contribuye a explicar la mejora de probabilidad de preñez de Hi (Blanc et al., 2006; Soca et al., 2013c). Esto coincide con experimentos que en el país modificaron la FM y altura de Campos entre Baja= 500 y Alta = 1250 kgMS/ha durante 40 días en otoño lo cual permitió mejorar 0,7 unidades la BCS de vacas adultas. Dicha mejora se canceló durante el invierno, no obstante, se registró un aumento de Baja= 27 a Alta = 83% de preñez cuando se aplicó destete temporario a inicio de entore (Orcasberro et al., 1990). Este resultado apoya la hipótesis que la mejora en la BCS durante otoño se traslada como información en el animal (Blanc et al., 2006) y afectó la respuesta a la intervención táctica al entore. Estos cambios han sido propuestos en la literatura internacional y nacional con vacunos de carne (Blanc et al., 2006, Soca, 2014) y de leche (Chagas et al., 2006), no obstante, los experimentos internacionales que evaluaron una mejora en el plano nutricional durante el primer o segundo tercio de gestación no reportaron un incremento en la probabilidad de preñez (Short et al., 1996, Grings et al., 2005; Hickson et al., 2009; Odhiambo et al., 2009).

Dentro del efecto a largo plazo de la memoria metabólica debe incorporarse la importancia que habría presentado la BCS<sub>i</sub> en la respuesta reproductiva y productiva de vacas primíparas. El BCS<sub>i</sub> reflejaría una adecuada alimentación durante el periodo cría recría de la hembra (Buskirk et al., 1995; Viñoles et al., 2012). El elevado BCS<sub>i</sub> encontrado en el presente experimento habría permitido una atenuación de situaciones de reducida FM y el incremento en los requerimientos de vacas de manera de mejorar el balance de energía a largo plazo. El BCS<sub>i</sub> se asoció a una mayor BCS durante el experimento lo que explica que vacas con mejores BCS<sub>i</sub> también lo presentaron en otoño y al parto lo cual habría mejorado la probabilidad de preñez (Orcasberro et al., 1990; Soca et al., 2013a). Una mayor BCS<sub>i</sub> también se asoció a un mayor peso del ternero al destete definitivo. La elevada eficiencia biológica también se explicaría por la asociación negativa

entre BCS y CMS (Figura 5). La elevada movilización de reservas experimentada por las vacas durante el parto, podría haber reducido el consumo, la energía necesaria para mantenimiento y los costos de actividades de pastoreo (Houghton et al., 1990; NRC, 2000; Verbeek et al., 2012). Una restricción energética durante 90 días como experimentaron las vacas durante el invierno, podría incrementar la eficiencia en el uso de la energía por una reducción en la masa del tracto gastrointestinal (Meyer et al., 2010). Finalmente, la utilización de destete temporario y flushing habría provocado cambios metabólicos (reducción de producción de leche e incremento en las hormonas metabólicas como insulina e IGF-1) que contribuyen a explicar las mejoras de probabilidad de preñez, en la eficiencia de uso de la energía y de manera indirecta los niveles de PCV y EfB (Soca et al., 2013a).

La mejora de FA no afectó la PCA ( $P = 0,13$ ; Cuadro 2) no obstante, resultó un 24% superior en Hi. Esto coincide con los antecedentes regionales y nacionales que emplearon vacunos en crecimiento y de cría en pastoreo de Campos (Moojen y Maraschin, 2002; Soca et al., 2013d). La mejora de la PCA de Hi estuvo explicada los niveles de PCV no obstante se redujo en 25% en la carga animal. Esto podría explicarse por el incremento de FA y el empleo de destete temporario y flushing lo cual mejoró la probabilidad de preñez y peso al destete de Hi (Orcasberro et al., 1990; Soca et al., 2013c). Esto permitió mejorar la PCV y PCA simultáneamente lo cual jerarquiza la importancia de aplicar intervención táctica cuando mejora el balance de energía en el ciclo de la vaca primíparas. Los niveles de PCA fueron superiores a los registros de predios ganaderos de la región de Basalto (Molina, 2014), lo cual permite plantear que con independencia de la evolución de FM y el control climático de la producción de forraje, la gestión del pasto a través de FM permitirá mejorar los resultados físico-económicos de la ganadería en Basalto.

El año no afectó la PCV, EfB y PCA y CMS, lo cual constituye un resultado relevante de nuestro trabajo dado la importante variabilidad entre y

dentro de años de la FM y producción de forraje. El protocolo empleado para ajustar la FA implicó modificaciones en la carga animal entre estaciones del año que habrían contribuido a atenuar el efecto de la variabilidad en FM sobre el CMS y BCS. Dicha atenuación permitió obtener similar probabilidad de preñez y posiblemente reducir su efecto sobre el peso del ternero al destete. Por otra parte, la aplicación de destete temporario y flushing podría haber incrementado la probabilidad de preñez aún en condiciones de balance negativo de energía e importantes restricciones de la cantidad de forraje como en el entore del Yr 2 (Soca et al., 2013c). Esto confirmaría que intervenciones estratégicas como el incremento en FA y tácticas como el destete temporario y Flushing habrían contribuido a atenuar los efectos negativos de la variabilidad climática sobre el balance de energía y la producción de carne.

## **5. DISCUSIÓN GENERAL**

El presente experimento y el reportado por Do Carmo (2013), constituyen antecedentes nacionales y regionales que contribuyen a cuantificar y comprender el efecto de la FA sobre la producción, utilización y

conversión del forraje a producción de carne de vacas de cría en Campos (Do Carmo, 2013). Estos experimentos se ubican como parte del actual modelo de investigación de Ecología y Manejo de la nutrición energética de la vaca de cría en campo natural de Facultad de Agronomía, UDELAR, donde se han diseñado experimentos de largo plazo con el objetivo de estudiar el efecto de la FA y de los grupos genéticos de la vaca sobre la eficiencia de uso de la energía de la cría vacuna (Scarlato, 2011; Do Carmo, 2013; Soca et al., 2013d; Laporta et al., 2014).

Los niveles de producción de carne por unidad de superficie obtenidos en Hi, fueron superiores que los registros físicos de predios ganaderos de Basalto (Molina, 2014). La importancia de dicho resultado se jerarquiza, cuando se analiza la elevada proporción de Campos y predios ganaderos de cría vacuna en Basalto y permite hipotetizar que el control de la FA en niveles de Hi conjuntamente con intervenciones tácticas permiten mejorar el resultado físico y económico de la ganadería de cría en Basalto.

El período experimental abarcó los últimos 5 meses de gestación, donde el balance de energía suele ser negativo (NRC, 2000; Baeza et al., 2010) y ha sido identificado como el principal factor que explica los bajos niveles de porcentaje de preñez y peso al destete de los terneros del rodeo de cría del Uruguay (Soca y Orcasberro, 1992). El aumento de la FA mejoró la evolución de BCS durante otoño y el BCS a los -90,-30 DPP y al parto. El grupo de Hi presentó una mayor pérdida de BCS durante invierno explicada por un mayor BCS al inicio del invierno (Trujillo et al., 1996). La mayor pérdida de BCS durante invierno en Hi comparado con Lo se habría asociado con inferiores concentraciones de AGNE y urea (Laporta et al., 2014). Por otra parte vacas con mejor BCS habrían presentado mayores concentraciones de IGF-1, indicando a pesar de tener mayores pérdidas de BCS, un mejor balance de energía (Soca et al., 2013b) y probabilidad de reinicio de los ciclos estrales (Wettemann y Bossis, 2000; Hess et al., 2005). Dicha mejora en el estatus metabólico durante el invierno habría permitido que se exprese la “memoria metabólica” durante el entore.

El plazo durante el cual se llevó a cabo nuestro trabajo constituye uno de los principales aportes dado que el enfoque de la investigación nacional se ha centrado en experimentos de corto plazo y en el estudio de medidas tácticas que aplicadas al momento del entore permiten mejorar la performance de vacas primíparas con BCS al parto “subóptimo” (Pérez-Clariget et al., 2007; Soca et al., 2013a; Scarsi et al., 2013; Briano et al., 2013). Los resultados permitieron identificar y jerarquizar la importancia de la historia nutricional sobre la probabilidad de preñez y el peso de los terneros en vacas primíparas, y justifican la ejecución de experimentos de largo plazo con réplica temporal para su estudio. No obstante, se encontró un solo experimento que modificó el plano de alimentación durante el otoño y estudió los impactos a largo plazo de la nutrición energética en vacas de cría multíparas (Orcasberro et al., 1990). La historia nutricional durante la recría, cría o durante la etapa fetal tendría un efecto relevante en la respuesta productiva de vacas primíparas (Buskirk et al., 1995; Viñoles et al., 2012). El nivel de BCS al inicio de experimento y el BCS durante otoño habría mejorado la “memoria metabólica” de las vacas y contribuye a explicar elevados niveles de probabilidad de preñez y peso al destete, en condiciones de FM promedio restrictivas, lo cual explicaría las mejoras de PCV, EfB y PCA en vacas primíparas en Hi sometidas a destete temporario y Flushing.

El incremento en la oferta de forraje anual de 2,5 a 4 kgMS/kgPV mejoró la FM, BCS, probabilidad de preñez, peso del ternero a los 205 días, producción de carne por vaca, eficiencia biológica, redujo el CCI y la carga animal. Esto permitió confirmar la hipótesis planteada en el presente trabajo y coincide con experimentos que evaluaron similar incremento en la FA sobre la performance de novillos en crecimiento y vacas de cría (Piaggio, 1994, Moojen y Maraschin, 2002, Do Carmo, 2013). A diferencia de lo postulado en la hipótesis, el aumento en la FA mejoró la producción de carne por unidad de área en coincidencia con antecedentes reportados en Brasil y en Uruguay en vacas de cría (Moojen y Maraschin, 2002, Do Carmo, 2013).



## Referencias

TC: tasa de crecimiento de forraje (kg MS/día). FM: masa de forraje. CMS y CMSA: consumo de materia seca por vaca y por unidad de superficie. EB: balance de energía de la vaca (Mcal/día). BCS: condición corporal. FA: oferta de forraje (kg MS/kg PV). PCV: producción de carne por vaca (kg/vaca). PCA: producción de carne por área (kg/ha).  
Rectángulo: variable en que se mide el estado o nivel del sistema. Línea continua: flujo de energía. Línea punteada: regulación de flujo o feedback (que puede ser positivo o negativo).  
Círculo: variable auxiliar que afecta el proceso o estado del sistema. Dos Triángulos unidos por vértice: tasa de flujo (basado en Forrester 1995).

Las variables de estado del sistema objeto de estudio fueron FM, el balance de energía, BCS y número de terneros destetados (Figura 8). La FM integra la tasa de crecimiento del forraje y el efecto de la FA. La tasa de crecimiento fue modulada por la lluvia durante primavera y verano y los niveles de carga animal resultantes del ajuste de la FA (Berretta et al., 2000, Moojen y Maraschin, 2002). El incremento en la FM por el aumento en la FA parecería no haber modificado la tasa de crecimiento. Las diferencias de FM entre FA fueron explicadas por los niveles de CMSA y se maximizaron durante otoño (400 kg MS/ha). El CMSA representa la tasa de salida de la variable de estado FM y depende del CMS y carga animal. La carga animal constituyó una variable de respuesta de la aplicación del protocolo de ajuste de la FA y explicó mayormente los niveles de CMSA ( $r = 0,94$ ;  $p < 0,01$ ).

El balance de energía dependió del CMS y los requerimientos de energía para mantenimiento, cambio de peso vivo, gestación, lactancia y de actividad en pastoreo (NRC, 2000). El aumento de FA y FM que ocurrió en Hi durante otoño habría mejorado la EB y explica el aumento de BCS, mientras que no se modificó durante el posparto (primavera y verano). El CMS presentó relación con la FM lo cual coincide con los modelos regionales planteados (Carvalho et al., 2011b, Genro et al., 2012). Dichos modelos reportan una relación inversa entre los niveles de FM con el tiempo diario de pastoreo lo que podría reducir los requerimientos de energía para cosecha de forraje (Carvalho et al., 2011b, Scarlato et al., 2012). La BCS se

asoció negativamente con el CMS ( $r = - 0,3$ ) y podría ser una señal que redujo el CMS y el balance de energía (Verbeek et al., 2012).

El número de terneros destetados por vaca (estimado en base a la probabilidad de preñez) depende principalmente del largo del anestro postparto el cual depende del estatus metabólico (Hess et al., 2005). El estatus metabólico integra el balance de energía actual, que al inicio del entore es mejorado por el destete temporario y Flushing, y la BCS como indicador de la “memoria metabólica”. Dicha memoria metabólica integró la BCSi. La evolución de BCS preparto y no el efecto estático de la BCS al parto, habría modulado a través de la memoria metabólica la mejora en el estatus metabólico (incremento de Insulina e IGF-1) provocada por el destete temporario y flushing (Soca et al., 2013c). La evolución de BCS preparto que resultó de aumento de la FA en otoño habría sido el principal factor en explicar el incremento en la probabilidad de preñez en Hi.

Un mayor número de terneros destetados y peso del ternero al destete explican el incremento en la PCV en Hi. El mayor peso de los terneros en Hi habría sido explicado por una mejora en el consumo de forraje y/o leche durante el verano donde se mejoró la FM y el ternero depende en mayor proporción de la energía consumida del forraje. El aumento en la FA mejoró la PCA (Cuadro 2) a través de un elevado aumento en la PCV, que compensó la reducción de 25% en la carga animal.

La ejecución del experimento durante dos años, permitió cuantificar las escalas de tiempo a las cuales se expresan procesos que controlan el funcionamiento del ecosistema Campos en Basalto. El aumento de la FA redujo el CMSA en primavera y verano incrementando la FM en otoño. Dicha mejora en FM mejoró el BCS durante el invierno y parto, moduló la memoria metabólica durante el entore y afectó los niveles de probabilidad de preñez y PCV. Por lo tanto, la PCV de un año acarrea efectos acumulados desde 15 meses antes en la pastura. Estas relaciones temporales entre las variables de estado FM y BCS, y su elevado efecto sobre la PCV permiten confirmar la complejidad del ecosistema de Basalto.

El incremento de la FA y el ajuste de FA habrían atenuado el efecto de la variabilidad en la FM sobre el CMS y sería una de las principales razones de la ausencia de efecto año sobre la probabilidad de preñez, PCV y PCA. Esto constituye uno de los resultados más relevante del presente trabajo dada la importancia de la magnitud y variabilidad en las precipitaciones durante primavera –verano y su efectos sobre la producción de forraje y los resultados físico-económico de los predios criadores de Basalto (Berretta et al., 2000; Guido et al., 2014). A diferencia de lo reportado en suelos del Noreste de Uruguay el incremento de FA pudo no habría mejorado la producción de forraje y no haber sido uno de los factores que permitan atenuar los efectos negativos de la variabilidad climática (Do Carmo, 2013). Esto jerarquiza el potencial del manejo orientado por la FA en la redistribución del forraje presente. La asociación positiva entre FM con carga animal, habría permitido ajustar los niveles de carga animal a la variabilidad de FM entre y dentro de años (Figura 5) lo cual podría explicar la atenuación de su efecto sobre el CMS. El aumento en la FA mejoró la FM en otoño lo que habría contribuido a mejorar el BCS en dicha estación, mediante una posible mejora en el CMS y reducción de los costos de adquisición del forraje (Carvalho et al., 2011b; Scarlato, 2011). La mejora del BCS durante otoño en Hi habría permitido un mejor BCS durante invierno, al parto y “memoria metabólica” independizando parcialmente la respuesta reproductiva de los niveles de FM posteriores. El aumento en la FA permitió incrementar el peso del ternero al destete en dos Yr contrastantes posiblemente por un aumento en la producción de leche de las vacas y/o un mayor consumo de forraje del ternero durante el verano (Baker et al., 1976). El Yr afectó el peso del ternero al destete, no obstante, el ajuste de la FA atenuó su efecto. Las elevadas diferencias en los atributos (tasa de crecimiento y FM durante el verano) de la pastura entre años solo modificaron en 8% el peso del ternero al destete. El ajuste de la FA con una menor FM como en Yr 2, redujo la carga animal en verano en relación al Yr 1

y habría atenuado su efecto sobre FM, y de esta última sobre el CMS de vacas y terneros.

## **6. CONCLUSIONES**

El incremento de la FA mejoró la FM, BCS, el peso vivo de los terneros al destete, el intervalo parto-concepción, la probabilidad de preñez, la producción de carne por vaca, la eficiencia biológica, la producción de carne por unidad de área y redujo la carga animal.

La producción de forraje no habría sido afectada por la FA como lo sugiere la reducción en la carga animal y las estimaciones de CMSA.

Las diferencias de FM entre tratamientos fueron máximas en otoño y habría contribuido a mejorar el CMS en dicha estación y la BCS durante el invierno. La ausencia de elevadas diferencias en el BCS al parto y similar BCS y CMS estimado posparto entre FA, sugiere que la evolución de BCS preparto fue el principal factor en explicar el elevado incremento en la probabilidad de preñez en Hi.

Las mejoras en la probabilidad de preñez principalmente y peso del ternero al destete por aumento de la FA, contribuyeron a aumentar la producción de carne por vaca, la eficiencia biológica de producción de carne y la producción de carne por unidad de superficie.

El manejo de la FA aumentó la producción de carne por vaca, eficiencia biológica y producción de carne por unidad de área en los sistemas criadores de Basalto y contribuyó a atenuar los efectos negativos de períodos de bajos niveles de FM sobre la producción animal causados por la variabilidad en las precipitaciones.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

- Adams DC, Nielsen MK, Schacht WH, Clark RT. 2000. Designing and conducting experiments for range beef cows. *Journal Animal Science*. 77: 1-18
- Altamirano A, Da Silva H, Durán A, Echeverría A, Panario D, Puentes R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Tomo III, Clasificación de Suelos. Montevideo: Dirección de Suelos y Fertilizantes Ministerio de Agricultura y Pesca. 96 p.
- AOAC (Association of official analytical chemists). 2007. *Official Methods of Analysis*. Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Armand Ugon C, Villafán A. 2014. Efecto de la oferta de forraje sobre la performance, productiva, reproductiva y conducta de vacas primíparas en pastoreo de campo nativo. Tesis de Grado. Montevideo: Facultad de Agronomía. 68 p.
- Armand Ugon J, Gastelumendi F, Pons J. 2014. Influencias de las diferentes ofertas pre y posparto y sus combinaciones, en la performance reproductiva de vacas primíparas. Tesis de Grado. Tesis de Grado. Montevideo: Facultad de Agronomía. 58 p.

- Astessiano AL, Pérez-Clariget R, Quintans G, Soca P, Meikle A, Crooker BA, Carriquiry M. 2014. Metabolic and endocrine profiles and hepatic gene expression in periparturient, grazing primiparous beef cows with different body reserves. *Livestock Science*. En Prensa.
- Baeza S, Lezama F, Piñeiro G, Altesor A, Paruelo JM. 2010. Spatial variability of above-ground net primary production in Uruguayan grasslands: a remote sensing approach. *Applied Vegetation Science* 13(1), 72–85.
- Baker RD, Le Du YLP, Barker JM. 1976. Milk-fed calves: 1. The effect of milk intake upon the herbage intake and performance of grazing calves. *The Journal of Agricultural Science* 87, 187-196.
- Banta JP, Lalman DL, Wettemann RP. 2005. Symposium Paper: Post-Calving Nutrition and Management Programs for Two-Year-Old Beef Cows. *The Professional Animal Scientist* 21, 151-158.
- Barbiel A, Guidali A, Ximeno A. 1992. Efecto de la asignación de forraje durante el entore y del destete temporario al inicio del entore sobre la performance de vacas Hereford. Tesis de grado. Montevideo: Facultad de Agronomía. 62p
- Beal WE, Perry RC, Corah LR. 1992. The use of ultrasound in monitoring reproductive physiology of beef cattle. *Journal of Animal Science* 70, 924–929.
- Berretta EJ. 2006. Country Pasture/Forage Resources Profiles: Uruguay [En línea]. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Consultado 7 de marzo de 2014. Disponible en: [http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/PDF%20files/Uruguay\\_English.pdf](http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/PDF%20files/Uruguay_English.pdf)
- Berretta EJ, Risso DF, Montossi F, Pigurina G. 2000. "Campos in Uruguay." En: 'International symposium on grassland ecophysiology and grazing ecology.' Wallingford Oxon: CABI Publishing. 377-394 p.
- Berretta EJ, Bemhaja M. 1998. Producción estacional de comunidades naturales sobre suelos de Basalto en la Unidad Queguay Chico. En:

- Berretta, E.J. (ed.). SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN EN TECNOLOGÍAS PARA BASALTO. Montevideo: Instituto de investigación Agropecuaria. pp.16-27
- Berretta EJ. 1989. Técnicas para evaluar la dinámica de pasturas naturales en pastoreo. En: Relatório da 11ª. Reuniao do Grupo Técnico Regional do Cone Sul em Melhoramento e Utilizaçã dos Recursos Forrageiros das Areas Tropical e Subtropical: Grupo Campos. Lages, SC. pp. 129-147.
- BIF (Beef Improvement Federation). 2002. Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs, Eighth edition. Athens, GA: Beef Improvement Federation. pp 161.
- Blache D, Chagas LM, Martin GB. 2007. Nutritional inputs into the reproductive neuroendocrine control system-a multidimensional perspective. Society of Reproduction and Fertility supplement 64, 123-139.
- Blanc F, Broquier F, Agabriel J, D'Hour P, Chilliard Y. 2006. Adaptive abilities of the females and sustainability of ruminant livestock systems. A review. Animal Research 55, 489–510.
- Bransby DI. 1989. Compromises in the design and conduct of grazing experiments. En: Mertens GC (Ed.) Grazing Research: design, methodology, and analysis. Madison, WI: CSSA (Crop Science Society of America and American Society of Agronomy). Special publication N° 16. 53-67 p.
- Briano C, Scarsi A, Velazco JI, Bakker M, Banchero G, Meikle A, Quintans G. 2013. Alta y baja asignación de forraje antes del parto: efectos sobre variables productivas y reproductivas. Resultados preliminares. En: Quintans G, Scarsi A (Eds). Seminario de actualización Técnica: Cría Vacuna. Serie Técnica N° 208. Montevideo: Instituto de Investigación Agropecuaria. 175-186 p.
- Briske DD, Heitschmidt RK. 1991. Grazing management: an ecological perspective. En: Heitschmidt RK, Stuth JW (Eds.). Grazing

management: an ecological perspective. Portland, OR: Timber Press.  
11-26 p.

- Brosh A, Aharoni Y, Shargal E, Sharir B, Gutman M, Choshniak I. 2004. Energy balance of grazing beef cattle in Mediterranean pasture, the effects of stocking rate and season: 2. Energy expenditure as estimated from heart rate and oxygen consumption, and energy balance. *Livestock Production Science*. 90(2): 101-115.
- Brosh A, Aharoni Y, Holzer Z. 2002. Energy expenditure estimation from heart rate: validation by long-term energy balance measurement in cows. *Livestock production science*. 77(2): 287-299.
- Buskirk DD, Faulkner D B, Ireland F. 1995. Increased postweaning gain of beef heifers enhances fertility and milk production. *Journal of animal Science* 73, 937–946.
- Buskirk DD, Lemenager RP, Horstman LA. 1992. Estimation of net energy requirements (NEm and NE change) of lactating beef cows. *Journal of animal Science* 70: 3867–3876.
- Carvalho P, Nabinger C, Lemaire G, Genro T. 2011a. Challenges and opportunities for livestock production in natural pastures: the case of Brazilian Pampa Biome. En: Feldman S, Oliva G, Sacido M (eds.). *Diverse Rangelands for a Sustainable Society*, IX International Rangeland Congress. Rosario, Argentina. 9-15 p.
- Carvalho PCF, Bremm C, Mezzalira JC, Da Trindade JK, Nascimento Jr D. 2011b. How can grazing behavior research at the bite to patch scales contribute to enhance sustainability of rangeland livestock production systems. En: Feldman S, Oliva G, Sacido M (eds.). *Diverse Rangelands for a Sustainable Society*, IX International Rangeland Congress. Rosario, Argentina. 565-571 p.
- Casas E, Thallman RM, Cundiff LV. 2011. Birth and weaning traits in crossbred cattle from Hereford, Angus, Brahman, Boran, Tuli, and Belgian Blue sires. *Journal of Animal Science* 89, 979-987.

- Castaño J, Ceroni M, Giménez A, Furest J, Aunchayna R. 2010. Caracterización agroclimática del Uruguay: 1980 – 2009 [En línea]. Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Consultado 5 de junio de 2014. Disponible en: [http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara\\_agro/index.html](http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara_agro/index.html)
- Chagas LM, Rhodes FM, Blache D, Gore PJS, Macdonald KA, Verkerk GA. 2006. Precalving effects on metabolic responses and postpartum anestrus in grazing primiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89, 1981-1989.
- Ciccioli NH, Wettemann RP, Spicer LJ, Lents CA, White FJ, Keisler DH. 2003. Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function and reproductive performance of primiparous beef cows. *Journal of animal Science*. 81: 3107-3120
- Cingolani AM, Noy-Meir I, Renison DD, Cabido M. 2008. La ganadería extensiva: ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos?. *Ecología austral* 18(3): 253-271.
- Coates DB, Penning P. 2000. Measuring animal performance. En: t Mannelje L, Jones RM (Eds). *Field and laboratory methods for grassland and animal production research*. Wallingford Oxon: CABI Publishing. Pp. 353-402.
- Coleman SW, Gunter SA, Sprinkle JE, Neel JP. 2014. Difficulties associated with predicting forage intake by grazing beef cows. *Journal of Animal Science*. 92: 2007
- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization). 1990. *Feeding standards for Australian livestock. Ruminants*. East Melbourne, Victoria: CSIRO Publications. pp. 266.
- Cushman, R. A., Kill, L. K., Funston, R. N., Mousel, E. M., & Perry, G. A.. 2013. Heifer calving date positively influences calf weaning weights through six parturitions. *Journal of Animal Science* 91, 4486-4491
- Delpiazzo R, Garrone F. 2013. Efectos de la oferta de forraje pre y posparto sobre el desempeño productivo y reproductivo y la conducta en

- pastoreo durante el entore de vacas primiparas Hereford pastoreando campo natural. Tesis de Grado. Montevideo: Facultad de Veterinaria. 70 p.
- DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2013. Anuario estadístico agropecuario. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Montevideo: Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Disponible en: [www.mgap.gub.uy/diea](http://www.mgap.gub.uy/diea). Fecha de acceso: 10/02/14
- Do Carmo M. 2013. Efecto de la oferta de forraje y genotipo vacuno sobre la productividad de la cría vacuna en Campos de Uruguay. Tesis MSc. Tesis de Grado. Montevideo: Facultad de Agronomía. 74 p.
- Erosa R, Mujica S, Simeone A. 1992. Efecto del manejo de la alimentación durante gestación avanzada y del destete temporario al inicio de entore sobre la performance de vacas Hereford en campo natural. Tesis de grado. Tesis de Grado. Montevideo: Facultad de Agronomía. 140p.
- Fang QX, Andales AA, Derner JD, Ahuja LR, Ma L, Bartling PNS, Reeves JL, Qi Z. 2014. Modeling weather and stocking rate effects on forage and steer production in northern mixed-grass prairie. *Agricultural Systems*. 129: 103-114.
- Forrester JW. 1995. Counterintuitive behavior of social systems. [En línea] 26 marzo de 2013. Disponible en <http://constitution.org/ps/cbss.pdf>
- Freer M, Moore AD, Donnelly JR. 1997. GRAZPLAN: Decision support systems for Australian grazing enterprises. 2. The animal biology model for feed intake, production and reproduction and the GrazFeed DSS. *Agricultural Systems* 54:77–126
- Funston RN, Musgrave JA, Meyer TL, Larson DM. 2012. Effect of calving distribution on beef cattle progeny performance. *Journal of Animal Science* 90, 5118-5121
- Gago A, Rodo J, Viera S. 2013. Efectos de la oferta de forraje durante otoño - invierno sobre la condición corporal y la conducta de vacas de cría en pastoreo de campo natura. Tesis de grado. Tesis de Grado. Montevideo: Facultad de Agronomía. 65 p.

- Genro CT, Carrvalho PC, Soca P, Garcia N, Nabinger C, Amaral A, Laca EA. 2012. Técnicas para estimativa de consumo sob pastejo. En: Gomez Pereira et al. (Eds.). Anais do VI Simposio sobre manejo estratégico da pastagem. Vicosa, MG: Universidad Federal de Vicosa. 21-51 p.
- Grimard B, Humblot P, Ponter AA, Mialot JP, Sauvant D, Thibier M. 1995. Influence of postpartum energy restriction on energy status, plasma LH and oestradiol secretion and follicular development in suckled beef cows. *Journal of reproduction and fertility*. 104(1): 173-179.
- Grings EE, Short RE, Klement KD, Geary TW, MacNeil MD, Haferkamp MR, Heitschmidt RK. 2005. Calving system and weaning age effects on cow and preweaning calf performance in the Northern Great Plains. *Journal of Animal Science*. 83 (11): 2671-2683.
- Guido A, Varela RD, Baldassini P, Paruelo J. 2014. Spatial and Temporal Variability in Aboveground Net Primary Production of Uruguayan Grasslands. *Rangeland Ecology and Management*. 67(1): 30-38.
- Gutiérrez V, Espasandin AC, Astessiano AL, Casal A, López-Mazz C, Carriquiry M. 2012. Calf foetal and early life nutrition on grazing conditions: metabolic and endocrine profiles and body composition during the growing phase. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 96: 1–12
- Haydock KP, Shaw NH. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 15, 663–670.
- Hess B, Lake SL, Scholljegerdes EJ, Weston TR, Nayigihugu V, Molle JDC, Moss GE. 2005. Nutritional controls of beef cow reproduction. *Journal of Animal Science*. 83 (E. Suppl.): 90-106.
- Hickson RE, Lopez-Villalobos N, Kenyon PR, Morris ST. 2009. Effect of liveweight gain of pregnant 15-month-old Angus heifers on the milk intake of their first calves and the liveweight of their first and second calves. *Animal Production Science*. 49(2): 112-120.

- Houghton PL, Lemenager RP, Horstman LA, Hendrix KS, Moss GE. 1990. Effects of body composition, pre- and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain. *Journal of Animal Science*. 68: 1438-1446.
- Jenkins TG, Ferrell CL. 1994. Productivity through weaning of nine breeds of cattle under varying feed availabilities: I. initial evaluation. *Journal of Animal Science*. (72): 2787-2797.
- Jouven M, Agabriel J, Baumont R. 2008. A model predicting the seasonal dynamics of intake and production for suckler cows and their calves fed indoors or at pasture. *Animal Feed Science and Technology*. 143(1): 256-279.
- Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. 2006. World map of the Koppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15, 259–263.
- Lalman DL, Williams JE, Hess BW, Thomas MG, Keisler DH. 2000. Effect of dietary energy on milk production and metabolic hormones in thin, primiparous beef heifers. *Journal of Animal Science*, 78, 530-538.
- Laporta J, Astessiano AL, López-Mazz C, Soca P, Espasandin AC, Carriquiry M. 2014. Effects of herbage allowance of native grasslands in purebred and crossbred beef cows: metabolic, endocrine and hepatic gene expression profiles through the gestation–lactation cycle. *Animal* 1-11.
- Lezama F, Altesor A, Pereira M, Paruelo JM. 2011. Descripción de la heterogeneidad florística en los pastizales naturales de las principales regiones geomorfológicas de Uruguay. En: Altesor A, Ayala W, Paruelo JM (Eds). *Bases ecológicas y tecnológicas para el manejo de pastizales*. Serie FPTA. Montevideo: INIA. 15-32 p.
- McGowan M, Galloway D, Taylor E, Entwistle K, Johnston P. 1995. The veterinary examination of bulls. Pp 81. Queensland: Australian Association of Cattle Veterinarians.
- MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). 2013. Anuario estadístico Agropecuario 2013 [En línea]. Dirección de estadísticas

agropecuarias. Montevideo: MGAP. Consultado 20 de junio de 2014.

Disponible en: [http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?](http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7.5.754.O.S.0.MNU:E:27;9:MNU)

[7.5.754.O.S.0.MNU:E:27;9:MNU](http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7.5.754.O.S.0.MNU:E:27;9:MNU)

Molina C. 2014. Programa de Monitoreo de empresas ganaderas del Plan Agropecuario. 13 años de información predial ganadera [En línea].

Consultado 31 de diciembre de 2014. Disponible en:

[http://www.planagropecuario.org.uy/uploads/monitoreos/22\\_Carpetas%20Verdes%202014.pdf](http://www.planagropecuario.org.uy/uploads/monitoreos/22_Carpetas%20Verdes%202014.pdf)

Moojen EL, Maraschin GE. 2002. Potencial produtivo de uma pastagem nativa do rio grande do sul submetida a níveis de oferta de forragem. *Ciência Rural*. 32: 127-132.

Mott G, Lucas H. 1952. The design, conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. En: *Proceedings of the international Grassland Congress*. Pennsylvania, PA: State College Press. pp. 1380-1385

Nabinger C, de Moraes A, Maraschin GE. 2000. Campos in southern Brazil. En: Lemaire G, Hodgson J, de Moraes A, Nabinger C, Carvalho PCF (Eds.). *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Cambridge: University Press. pp. 355-376.

NRC (National Research Council). 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7<sup>th</sup> ed.. Washington, DC: National Academy Press. 248 p.

NRC (National Research Council). 1987. *Predicting Feed Intake of Food Producing Animals*. Washington, DC: National Academy Press. pp. 96.

Nicol AM, Nicoll GB .1987. Pastures for beef cattle. En: Nicol AM (Ed.) *Feeding livestock on pasture*. Lincoln: New Zealand Society of Animal Production. pp. 119-131.

Odhiambo JF, Rhinehart JD, Helmondollar R, Pritchard JY, Osborne PI, Felton EE, Dailey RA. 2009. Effect of weaning regimen on energy profiles and reproductive performance of beef cows. *Journal of Animal Science*. 87(7): 2428-2436.

- Orcasberro R, Soca P, Pereyra F, López C, Burgueño J. 1990. Efecto de la asignación de forraje durante otoño y del destete temporario a inicio de entore sobre la performance de vacas Hereford en campo natural. En: II Seminario nacional de campo natural. Montevideo: Hemisferio Sur. pp. 311-316.
- Pereira M. 2011. Manejo y conservación de las pasturas naturales del Basalto. Montevideo: Instituto Plan Agropecuario. pp 78.
- Pérez-Clariget R, Carriquiry M, Soca P. 2007. Estrategias de manejo nutricional para mejorar la reproducción en ganado bovino. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 15 (Supl 1): 114-119.
- Petersen MK, Mueller CJ, Mulliniks JT, Roberts AJ, DelCurto T, Waterman RC. 2014. Potential limitations of NRC in predicting energetic requirements of beef females within western US grazing systems. Journal of Animal Science. 92:2800-2808
- Piaggio L. 1994. Pasture and animal traits associated with intake and selectivity of grazing steers on rangeland. Tesis PhD. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Pp. 438.
- Quintans G, Velazco IJ, Roig G. 2008. Seminario de actualización Técnica: Cría Vacuna. Serie Técnica N° 174. Montevideo: INIA. pp. 199.
- SAS Institute. 2002. Version 9. Cary, NC: SAS Institute, Inc.
- Scarlato SA, Faber C, Do Carmo M, Soca P. 2012. Foraging behavior of beef cows grazing native pasture: I. Effect of breed and herbage allowance on grazing and ruminating time. En: Anales/proceedings of the IX International Rangeland Congress. Diverse Rangelands for a Sustainable Society. Rosario, Argentina. pp. 657.
- Scarlato 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: Universidad de la República. 64 p.
- Scarsi A, Velazco JI, Banchemo J, Quintans G. 2013. Suplementación de corta duración antes del parto en vacas primíparas. En: Quintans G,

- Scarsi A (Eds.). Seminario técnico de cría vacuna. Serie Técnica N° 208. Montevideo: INIA. pp. 161-174.
- Short RE, Grings EE, MacNeil MD, Heitschmidt RK, Haferkamp MR, Adams DC. 1996. Effects of time of weaning, supplement, and sire breed of calf during the fall grazing period on cow and calf performance. *Journal of Animal Science*. 74(7): 1701-1710.
- Short RE, Bellows RA, Staigmiller RB, Berardinelli JG, Custer EE. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *Journal of Animal Science*. 68: 799-816.
- Smart AJ, Derner JD, Hendrickson JR, Gillen RL, Dunn BH, Mousel EM, PS Johnson, RN Gates, KK Sedivec, KR Harmoney, JD Volesky, Olson KC. 2010. Effects of grazing pressure on efficiency of grazing on North American Great Plains rangelands. *Rangeland Ecology & Management*. 63(4): 397-406.
- Soares A, Carvalho PCF, Nabinger C, Semmelmann C, da Trindade JK, Guerra E, Stella de Freitas T, Pinto CE, Fontoura Júnior JA, Frizzo A. 2005. Animal and forage production on native pasture under different herbage allowance. *Ciência Rural*: 35 (5): 1148-1154.
- Soca P. 2014. La condición corporal al parto afecta las respuestas reproductiva y metabólica al destete temporario y Flushing en vacas primíparas. Tesis de Doctorado. Montevideo: Facultad de Agronomía. pp. 117.
- Soca P, Carriquiry M, Keisler D, Claramunt M, Do Carmo M, Olivera J, Rodriguez M, Meikle A. 2013a. Reproductive and productive response to suckling-restriction and dietary flushing in primiparous grazing beef cows. *Animal Production Science*. 54 (3): 283-291.
- Soca P, Carriquiry M, Claramunt M, Gestido V, Meikle A. 2013b. Metabolic and endocrine profiles of primiparous beef cows grazing native grassland; a) Relationships between body condition score at calving and metabolic profiles during the transition period. *Animal Production Science*. 54(7): 856-861.

- Soca P, Carriquiry M, Claramunt M, Rupprechter G, Meikle A. 2013c. Metabolic and endocrine profiles of primiparous beef cows grazing native grassland: b) Effects of body condition score at calving, type of suckling restriction and flushing on plasmatic and productive parameters. *Animal Production Science*. 54(7): 862-868.
- Soca P, Carriquiry M, Do Carmo M, Scarlato S, Astessiano AL, Genro C, Claramunt M, Espasandín AC. 2013d. Oferta de forraje del campo natural y resultado productivo de los sistemas de cría vacuna del Uruguay: I Producción, uso y conversión del forraje aportado por campo natural. En: Quintans G, Scarsi A (Eds). Seminario de actualización técnica: Cría Vacuna. Montevideo: INIA. 97-118 p.
- Soca P, Claramunt M, Do Carmo M. 2007. Sistemas de cría vacuna en ganadería pastoril sobre campo nativo sin subsidios: Propuesta tecnológica para estabilizar la producción de terneros con intervenciones de bajo costo y de fácil implementación. *Revista Ciencia Animal* (3): 3-22.
- Soca P, Orcasberro R. 1992. Propuesta de Manejo del Rodeo de Cría en base a Estado Corporal, Altura del Pasto y Aplicación del Destete Temporal. En: Evaluación Física y Económica de Alternativas Tecnológicas en Predios Ganaderos. Paysandú: Estación Experimental M. A. Cassinoni, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Pp. 54-56.
- Sollenberger L, Moore J, Allen V, Pedreira C. 2005. Reporting herbage allowance in grazing experiments. *Crop Science*. 45: 896–900.
- Soriano A. 1991. Río de la Plata Grasslands. En: Coupland RT (Ed.). *Natural Grasslands. Introduction and Western Hemisphere*. Amsterdam: Elsevier. pp. 367–407.
- Stalker LA, Adams DC, Klopfenstein TJ, Feuz DM, Funston RN. 2006. Effects of pre- and postpartum nutrition on reproduction in spring calving cows and calf feedlot performance. *Journal of Animal Science* 84, 2582–2589.

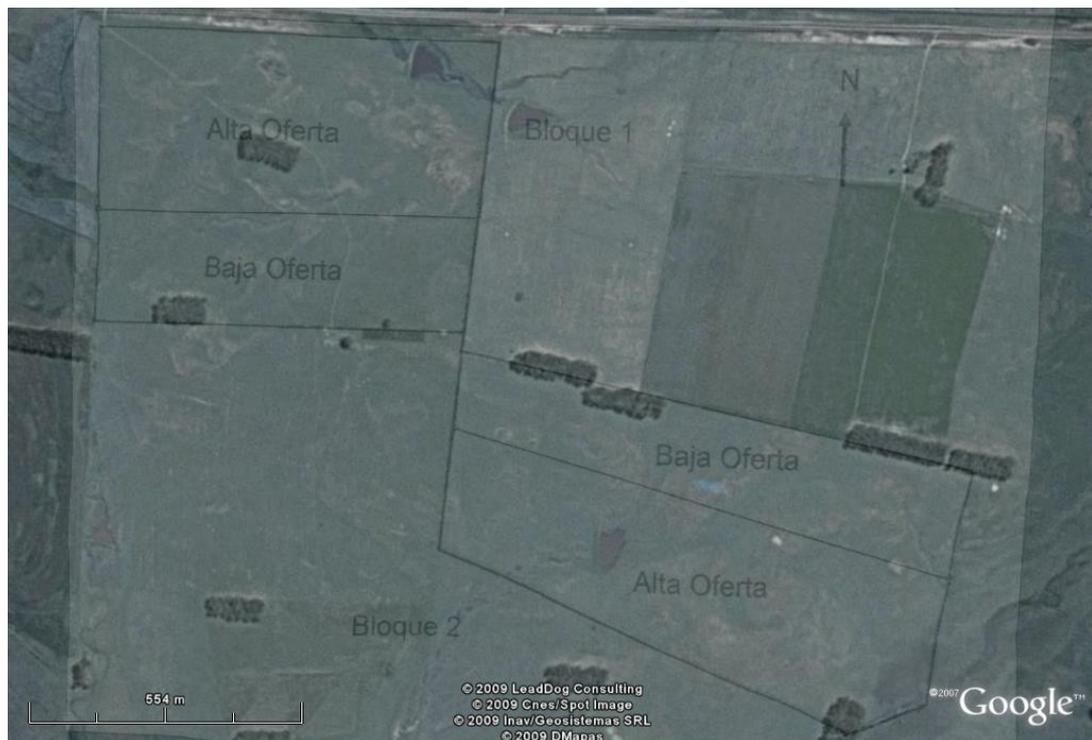
- Trujillo AI, Orcasberro R, Beretta V, Franco J, Burgueño J. 1996. Performance of Hereford cows under conditions of varied forage availability during late gestation. En: Development of feed supplementation strategies for improving ruminant productivity on small-holder farms in Latin America through the use of immunoassay techniques. Proceedings of the final Research Co-ordination Meeting of a Co-ordinate Research Programme organized by the Joint FAO/AIEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. Viena: IAEA-TECDOC-877. pp. 69-80.
- Van Soest PJ, Roberston JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74, 3583-3597.
- Verbeek E, Waas JR, Oliver MH, McLeay LM, Ferguson DM, Matthews LR. 2012. Motivation to obtain a food reward of pregnant ewes in negative energy balance: Behavioural, metabolic and endocrine considerations. *Hormones and behavior*. 62(2): 162-172.
- Viñoles C, Guggeri D, Carriquiry M, Meikle A. 2012. Effect of age at weaning and plane of nutrition before weaning on progesterone secretion and uterine gene expression at first service in beef heifers. *Reproduction in Domestic Animals*, 47 (Suppl 2), pp. 566
- Vizcarra JA, Ibañez W, Orcasberro R. 1986. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. *Investigaciones Agronómicas* 7, 45-47.
- Waterman R and Butler R. 2010. Metabolic Signals of the beef Cows in negative Energy Balance. En: *Proceeding of the 4th Grazing Livestock Nutrition Conference*. Champaign, IL: Western Section of the American Society of Animal Science. pp. 93-100.
- Wettemann RP, Bossis I. 2000. Energy intake regulates ovarian function in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 77(E-Suppl): 1-10.

Wettemann RP, Lents CA, Ciccioli NH, White FJ, Rubio I. 2003. Nutritional- and suckling-mediated anovulation in beef cows. *Journal of Animal Science* 81(E. Suppl. 2):E48-E59.

## **8. ANEXOS**

### **8.1. CROQUIS DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES**

Croquis de las parcelas experimentales y disposición de los tratamientos



### **8.2. RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE CMS Y CMSA.**

Resultados del Tests de tipo 3 de efectos fijos del efecto del Año, estación y oferta de forraje sobre el CMS. Grados de libertad (GL) del numerador y denominador, valor de F de distribución y valor de probabilidad mayor a F(Pr).

Efecto	GL Num.	GL Den.	F-Valor	Pr > F
Año	1	2	0,3	0,6381
Estación	3	6	6,4	0,0268
Oferta	1	1	1,47	0,4387
Año*oferta	1	2	0,14	0,7449
Año*estación	3	6	21,38	0,0013
Estación*oferta	3	6	1,68	0,2691
Año*estación*oferta	3	6	0,57	0,6577

Resultados del Tests de tipo 3 de efectos fijos del efecto del Año, estación y oferta de forraje sobre el CMSA. Grados de libertad (GL) del numerador y denominador, valor de F de distribución y valor de probabilidad mayor a F(Pr).

Efecto	GL Num.	GL Den.	F-Valor	Pr > F
Año	1	2	19,25	0,0482
Estación	3	6	10,26	0,0089
Oferta	1	1	74,09	0,0736
Año*oferta	1	2	1,6	0,3333
Año*estación	3	6	70,55	<,0001
Estación*oferta	3	6	9,22	0,0115
Año*estación*oferta	3	6	3,02	0,1154