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

Pablo Soca[1], Mariana Carriquiry[2]
Martín Do Carmo[1,3], Santiago Scarlato[1,4]
Ana L. Astessiano[1], Cristina Genro[5],
Martín Claramunt[6], Ana Espasandín[7]

RESUMEN

Mejorar la competitividad y sostenibilidad de la ganadería vacuna de Uruguay requiere incrementar el resultado físico-económico la cría vacuna (aumentar porcentaje y peso al destete de los terneros) sin aumentos de los costos de producción. Se hipotetizó que cambiar la oferta de forraje del campo natural mejoraría el resultado físico, económico y ambiental de la cría vacuna. Los experimentos se desarrollaron en Facultad de Agronomía, sobre campos del Noreste (EEBR) y Basalto (EEFAS) durante 3 años. Se evaluó el efecto de oferta de forraje (OF) ALTA (10 kg MS/100 kg PV/día o 4 kg MS/kg PV) y BAJA (6 kg MS/100 kg PV/día o 2 kg MS/kg PV) en EEFAS sobre vacas primíparas Hereford y de la oferta de forraje y genotipo vacuno (Puros Hereford y Angus y Cruzas recíprocas) en EEBR, sobre la masa y producción de forraje, condición corporal (CC) de las vacas, conducta en pastoreo, consumo de forraje de las vacas, peso vivo de los terneros y eficiencia reproductiva del rodeo. Incrementar la OF mejoró la masa, altura y en EEBR un 20 por ciento la producción de forraje anual sin reducciones en la carga animal (AOF = 382 vs BOF = 398 kg/ha PV). En EEFAS el incremento en la OF mejoró la masa de forraje pero se encontró una reducción de 25% en la carga animal (AOF= 412 vs BOF=350 kg/ha PV). Los cambios en la OF fueron posibles por alteraciones en relación masa de forraje/carga animal en los potreros de la cría durante primavera-verano en EEBR y fin de invierno-fin de verano- en EEFAS. En ambos experimentos el incremento en la OF mejoró la CC promedio al parto y la probabilidad de preñez temprana y un 20% la total. En EEBR las vacas cruzas F1 mejoraron el peso al destete del ternero en ambas ofertas, mientras que en EEFAS la AOF mejoró un 15% el peso al destete. En ambos experimentos una mejora en la OF provocó 13% de aumento en la producción por unidad de superficie. La conducta en espacio y tiempo y el consumo de forraje contribuyeron a explicar los cambios en la performance productiva y reproductiva. La mejora en la OF potenció medidas de corto plazo (flushing a comienzo de entore) y estratégicas como el empleo de vacas cruzas. A través del control de la OF es posible mejorar la producción, uso y conversión del forraje aportado por el campo natural lo cual mejora la producción física y económica de la cría vacuna y permitiría atenuar la variabilidad climática en sistemas de cría vacuna de Uruguay.

[1] Ing. Agr., MSc. Departamento De Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía.
[2] Ing. Agr., PhD. Departamento De Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía.
[3]Ing. Agr., MSc. Programa Nacional de Pasturas y Forrajes. –INIA Tacuarembó.
[4]Ing.Agr., MSc. Programa Nacional de Producción Familiar. –INIA Las Brujas.
[5]Zootec., MSc., DSc. Embrapa Pecuária do SUL.
[6]Ing. Agr., Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria.
[7]Ing. Agr., DSc. Departamento de Producción Animal. Facultad de Agronomía.

INTRODUCCIÓN

En Uruguay, los sistemas ganaderos ocupan 12 millones de hectáreas, de las cuales más de 10 millones de hectáreas son Campos (Allen *et al.,* 2011) y constituyen 41000 predios ganaderos que involucran 150000 personas en el trabajo directo (DIEA, 2012). La ganadería en general y la cría vacuna en particular poseen como principal recurso forrajero el campo natural. Esto se debe a que produce forraje sin agregado de insumos y por tanto resulta un forraje de muy bajo costo, además de poseer alta resistencia al sobrepastoreo y a eventos climáticos adversos (sequías o inundaciones).

En sistemas de cría vacuna, la tasa de reproducción se relaciona directamente con los ingresos económicos de los ganaderos (Pitroff *et al.,* 2002; Soca *et al.,* 2007). La pobre tasa de producción física de la cría vacuna en Uruguay (destete de 64%, DIEA 2009) se explica por el bajo nivel de ingestión de energía (Short *et al.,* 1990; Trujillo *et al.,* 1996; Soca *et al.,* 2007; Astessiano *et al.,* 2011). La reducida y variable ingestión de energía explica la pobre condición corporal (CC) de las vacas al parto, que resulta en prolongado anestro postparto, y en consecuencia limita la tasa de destete. Este problema ha sido documentado y señalado como la principal limitante de la reproducción en rodeos de cría de todo el mundo (Short *et al.,* 1990; Hess *et al.,* 2005; Pitroff *et al.,* 2002; Montiel y Ahuja, 2005; Blanc *et al.,* 2006; Crowe, 2008; McGowan and Holroyd, 2008; Burns *et al.,* 2009).

La reducida relación masa de forraje/carga animal durante primavera-verano, resulta en baja altura de la pastura, lo que explica la baja ingestión de energía (en un momento de altos requerimientos por lactancia y reinicio de actividad sexual) y elevado costo energético por actividad de pastoreo.

La relación cantidad de forraje y condición corporal (CC) define el funcionamiento estratégico del sistema e integra señales que ocurren a diversas escalas de tiempo. La oferta y consumo de energía preparto (cantidad de forraje asignado al rodeo durante otoño-invierno) determina la condición corporal al parto (CCP) (Soca *et al.,* 2007), principal indicador de balance de energía el cual ha sido empleado para «predecir» la probabilidad de preñez de vacas de cría en pastoreo (Oscarberro *et al.,* 1992). La CCP «óptima» definida como la que minimizó el intervalo parto-celo y maximizó la probabilidad de preñez fue superior para vacas primíparas que multíparas (5 vs 4.0; escala de 8 puntos Vizcarra *et al.,* 1986). En situaciones donde la cantidad de forraje asignado al rodeo de cría no se controla en ninguna fase de su ciclo productivo, las vacas llegan al parto en condición corporal (CC) «subóptima».

El control del pastoreo, es la principal herramienta de manejo a través de la cual es posible regular el flujo de captación y transformación de energía solar en producto animal, lo que determina la productividad y resiliencia del pastizal (Briske y Heitschmidt, 1991). La carga animal es la principal medida vinculada al manejo del pastoreo a través de la cual se regula el flujo de energía entre la productividad primaria y secundaria del ecosistema pastoril (Briske y Heitschmidt, 1991). Durante la estación de crecimiento, en pasturas dominadas por especies de ciclo C4, como los Campos de Uruguay, la precipitación total se relacionó positivamente con la producción de forraje (Berretta *et al.,* 2000, Do Carmo *et al.,* 2013). En sistemas pastoriles sin manejo de la relación planta-animal, orientados al mantenimiento de la carga animal (número de animales por unidad de superficie) fija, la variabilidad en la producción de forraje modifican permanentemente la cantidad de forraje diaria y estacional a la cual accede cada animal. Por el contrario, cuando se orienta el manejo del forraje en base a la oferta de forraje (OF, kilogramos de forraje por kilogramo de peso vivo animal, Sollenberger *et al.,* 2005) sin modificaciones en el área de pastoreo, la carga animal resulta en una variable de respuesta.

La investigación nacional, pero principalmente la realizada en Rio Grande do Sul (Brasil) ha permitido identificar la relación entre la intensidad de pastoreo, definida como oferta de forraje con la producción primaria y secundaria del campo nativo (Nabinger *et al.,* 2011). Los experimentos, que para Campos reportan conjuntamente los efectos de la ofer-

ta de forraje sobre la productividad de la pastura y animal son escasos y han utilizado como modelo animal, novillos en crecimiento (Maraschin *et al.,* 1997; Soares *et al.,* 2003). La modificación de la OF entre 4 y a 12 kg MS/100kg PV/día permitió incrementar la producción de forraje de 11 a 16 kg/ha MS/día, la producción de carne 78 a 145 kg/ha/año y la eficiencia de uso de la radiación solar entre 0.009 a 0.017 (energía incidente/energía en la carne) (Nabinger *et al.,* 2000). La OF de 6 y 10 kg de MS/100 kg de PV/día maximizaron la producción animal por unidad de superficie y animal respectivamente (Piaggio, 1994; Nabinger *et al.,* 2000). No obstante, se encontró interacción entre la OF y estación del año sobre la ganancia diaria de peso vivo lo cual fundamentó la necesidad de emplear ofertas de forraje variables entre estaciones del año (Piaggio, 1994; Soares *et al.,* 2003).

Dicha respuesta puede interactuar con el grupo genético de la vaca dado que la eficiencia reproductiva es el proceso con mayor beneficio por el empleo de cruzamientos y donde se manifiesta fuerte interacción genética*ambiental (Morris *et al.,* 1987; Jenkins y Ferrell, 1994). La casi totalidad de los vientres utilizados en la cría del Uruguay pertenecen a la raza Hereford utilizada en forma pura. Las variables reproductivas, de baja heredabilidad son visiblemente mejoradas cuando se potencian los efectos genéticos no aditivos. La expresión fenotípica de estos efectos es conocida como heterosis y complementariedad, observadas cuando se practican cruzamientos entre razas diferentes (Morris *et al.,* 1987). La información extranjera documenta la superioridad en la eficiencia global de uso del alimento de vacas F_1 sobre las razas puras. En el ciclo productivo vital del rodeo dicha superioridad se ubicó en 30% sobre las razas parentales (Morris *et al.,* 1987). En la cría de vacunos de carne se ha cuantificado una importante interacción genotipo*ambiente (Jenkins y Ferrel, 1992), cuando son evaluados simultáneamente varios genotipos en ofertas de alimento variables. Estos resultados permiten plantear la hipótesis de que en nuestro país podrían existir recursos genéticos más adaptados a nuestros ambientes de producción. La obtención de estas respuestas sería posible conocerlas estudiando el efecto de interacción entre la oferta de forraje en el ciclo productivo de vaca de diferentes grupos genéticos. La investigación, que venimos desarrollando en la Facultad de Agronomía, ha ubicado a la intensidad de pastoreo como la principal herramienta para mejorar simultáneamente la captación, utilización y conversión de la energía solar en producto animal. Este modelo, apuntó a generar I+D de manera de mejorar competitividad física y económica a nivel de predios y la cadena cárnica, así como impedir que un elevado empleo de insumos distorsione los indicadores ambientales. En este modelo es necesario conocer como el proceso de cría vacuna responde en su producción por animal y unidad de superficie, ante cambios en la oferta del principal recurso empleado: el campo natural.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la respuesta reproductiva y productiva a cambios en la OF durante el ciclo productivo de vacas adultas puras y cruzas (EEBR) y primíparas de raza Hereford (EEFAS) en pastoreo de campo nativo del Noreste y Basalto respectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Desde diciembre de 2007, se llevan a cabo dos experimentos de pastoreo cuya descripción general se presenta en la Figura 1.

Dichos experimentos de pastoreo se ubican en comunidades cuya descripción al comienzo del trabajo en EEFAS (*Stipa setigera* 17%, *Setaria geniculata* 13%, *Paspalum notatum* 10%, *Piptochaetium stipoides* 8%, *Bromus auleticus* 7%, *Botriochloa laguroides* 7%, *Chloris bahiensis* 6% (Saldaña, com. pers.) y EEBR (*Coelorhachis selloana, Axonopus sp, Paspalum notatum y Andropogon ternatus* (Olmos *et al.,* 2012) fueron representativos del Basalto y noreste respectivamente.

El diseño experimental es de bloques completos al azar; Bloque 1 (suelos areno-

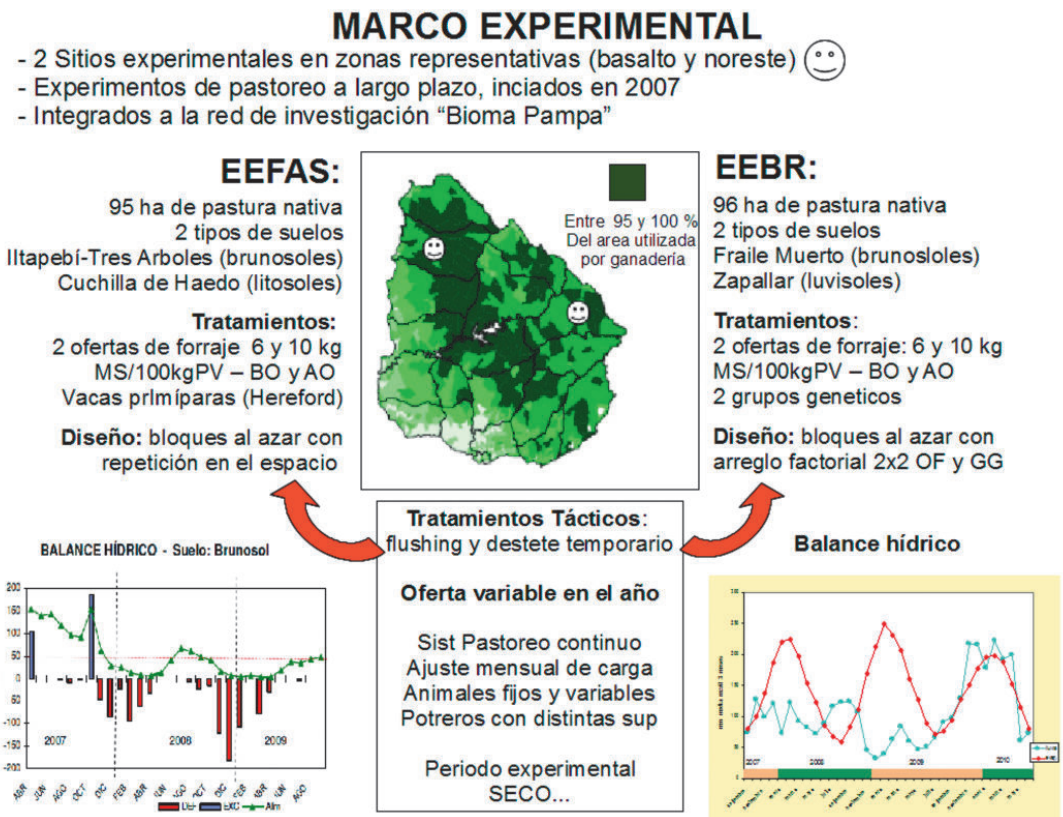


Figura 1. Descripción de los experimentos de pastoreo llevados a cabo en la Facultad de Agronomía. EEFAS. Estación Experimental San Antonio, Salto, EEBR: Estación Experimental Bernardo Rosengurt, Cerro Largo.

sos Zapallar y Cuchilla de Haedo) y Bloque 2 (suelos pesados Fraile Muerto, Brunosoles del noreste e Itapebi tres Árboles) con 4 tratamientos en un arreglo factorial 2 x 2 de oferta de forraje (kg MS/100kg peso vivo /día) y grupo genético vacuno en EEBR y dos tratamientos en la EEFAS.

La oferta de Forraje promedio anual (kg MS/100 kg PV/día) se modificó entre estaciones del año (Cuadro 1).

La OF se ajustó en base al empleo de animales fijos y volantes de la misma edad y condición fisiológica (método «put and take», Mott, 1960). Para el ajuste se registró el peso vivo de las vacas y la cantidad de forraje. El sistema de pastoreo fue continuo.

Los niveles de oferta de forraje se basan en los experimentos de Uruguay y Brasil donde para recría vacuna la producción por hectárea y animal se optimizaron a 6 y 10% de oferta respectivamente (Soca *et al.,* 1998; Nabinger *et al.,* 2000). La modificación estacional de la OF se basa en experimentos donde los cambios estacionales demostraron mejorar la producción de carne por unidad de superficie (Soares *et al.,* 2002)

Se emplearon vacas puras y cruzas para testar la interacción entre OF y GG sobre parámetros productivos y las vacas primíparas por ser la categoría más sensible del rodeo de cría nacional. En la EEBR, se emplearon vacas Hereford y Aberdeen Angus

Cuadro 1. Distribución de la oferta de forraje a lo largo del año (kg MS/100 kg Peso vivo/animal)

Oferta de Forraje	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Alta (AOF)	12,5	7,5	10	10
Baja (BOF)	7,5	7,5	5	5

y cruzas recíprocas que a inicio del experimento (octubre de 2007) pesaban 480 ± 20 kg. En la EEFAS, durante el mes de marzo de cada año se realizó el diagnóstico de gestación por ecografía, se identificó el momento de preñez. Al inicio del experimento las vacas tenían 5,7 ± 0,6 y 5,5 ± 0,45 unidades de CC (escala 1-8, Vizcarra *et al*., 1986) y pesaban 392 ± 31,5 y 404 ± 33,5 kg para los años 1 y 2 respectivamente.

En ambos experimentos el entore de 80 días dio comienzo a los 70 ± 12,5 días posparto con monta natural y empleando como mínimo 2 toros y una relación 1/20 toros por vaca sometidos a revisión andrológica (McGowan *et al.,* 1995). A los 66 ± 10días posparto se aplicó un protocolo de destete temporario con separación del para vaca-ternero y flushing con suplementación energética a la vaca a razón de 2 kg/vaca/día durante 20 días (Soca *et al.,* 2013).

La cantidad de forraje se estimó en base a doble muestreo por cortes de cuadros 0,5 x 0,5m con tijera a ras del suelo y apreciación visual (Haydock y Shaw, 1975). Se registró la altura del forraje en el punto donde se concentra la mayor densidad de forraje (Soca *et al.,* 1998), relación verde/seco y porcentaje de suelo desnudo por apreciación visual. La tasa de crecimiento se estimó mediante la técnica de triple emparejamiento (Coates y Peanning, 2001) y el satélite MODIS para EEBR y EEFAS respectivamente. La composición botánica de cada tratamiento se estimó mediante transectas de 50m (100 puntos) (Olmos *et al.,* 2005) y la información se resumió como frecuencia relativa de especies. Las muestras de forraje se secaron a 60 ºC en estufa de aire forzado durante 48 h. En el laboratorio se determinó MS, MO, PC (AOAC, 2007), FDN, FDA (Goering and Van Soest, 1970).

Mensualmente en todos los animales se determinó la condición corporal (CC) por apreciación visual empleando la escala de 1-8 (1= emaciada; 8= obesa; Vizcarra *et al.,* 1986). En el mismo momento se determinó peso vivo (PV) en balanza electrónica con precisión de 1 kilogramo sin ayuno a la misma hora del día. Al parto se registró fecha y dificultad de parto, CC de la vaca, peso y sexo del ternero. Todos los terneros se pesaron sin ayuno y a la misma hora del día: al nacer, inicio y fin del destete temporario y al destete definitivo. Se realizaron ecografías ováricas para determinar presencia o no de cuerpo lúteo. Durante el período 30-120 días postparto en todos los animales se tomaron muestras de sangre semanales por venipunción de la vena yugular para la determinación de progesterona (P_4) por RIA (límite de detección 0,01 ng/ml; Laboratorio de Técnicas Nucleares, Facultad de Veterinaria). El reinicio a la ciclicidad ovárica se determinó por presencia de cuerpo lúteo confirmado con valores de $P_4 \geq$ a 1 ng/ml, (1 muestra) (Meikle y Forsberg, 2001).

La evolución de cantidad, altura, tasa de crecimiento del forraje, peso vivo y condición corporal se analizó en base a un modelo de medidas repetidas en tiempo, donde se testó el efecto del bloque, oferta de forraje (OF), grupo genético de la vaca (GG), mes del año y sus interacciones en base al procedimiento MIXED del programa SAS (SAS, 2002), en donde la vaca dentro del grupo genético y oferta de forraje fue considerado como efecto aleatorio. La parcela fue la unidad experimental. La OF, GG y mes del año o los días posparto como efectos de clase y el bloque como efecto aleatorio. El peso vivo de las vacas y terneros y la CC al inicio del experimento, la fecha de parto, fueron incluidos como covariables. En el modelo que analizó el peso del ternero también se incluyó el sexo del ternero como efecto aleatorio. La estructura de covarianza utilizada fue AR (1). Se utilizó el procedimiento Kenward-Rogers para el cálculo de los grados de libertad del denominador. La información se presenta como medias de mínimos cuadrados y su desvío estándar. Las medias de mínimos cuadrados se compararon por Tukey (Steel y Torrie, 1992) y el nivel de significancia fue $p < 0,05$.

El efecto de la OF, GG el bloque y el año sobre el número de vacas preñadas/vacas total fue analizado en base a un diseño de bloques al azar donde la vaca fue la unidad experimental. Se ajustó un modelo lineal generalizado asumiendo que el número de vacas preñadas /vacas total presentan distribución binomial. Se utilizó el procedimiento Glimmix del programa SAS. Las medias se compararon por Tukey (Steel y Torrie,

1992) son presentadas las estimaciones de la medias por mínimos cuadrados y desvío estándar. El nivel de significancia para diferencias entre medias fue p< 0,1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EEFAS

Registros meteorológicos

En la Figura 2 se presentan la evolución durante los días postparto de la precipitación y la producción de forraje estimada en base a imágenes del satélite MODIS en ambos años (Figura 2).

El año 1, con superior precipitación durante primavera-verano (postparto de las vacas) puede ser calificado como «lluvioso» mientras que el año 2 puede ser calificado como «seco». Se encontró una asociación positiva (P<0,001) entre la precipitación y la producción de forraje durante primavera-verano (Figura 2c).

La relación positiva entre la lluvia y el crecimiento de forraje también ha sido documentada para el sitio de EEBR (Do Carmo *et al.,* 2013) y predios comerciales de cría vacuna donde se analizó la información de producción y uso del forraje del campo natural (Soca *et al.,* 2010). Esto confirma la importancia del control climático (a través de la cantidad de lluvia durante el período de superior producción de forraje) sobre la producción estacional y global de forraje del campo natural. Dicho control escapa a las posibilidades de ser manejado por quién controla el sistema, lo que obliga a la ganadería de cría en campo natural a ser planificada integrando en forma permanente dicha fuente de variación.

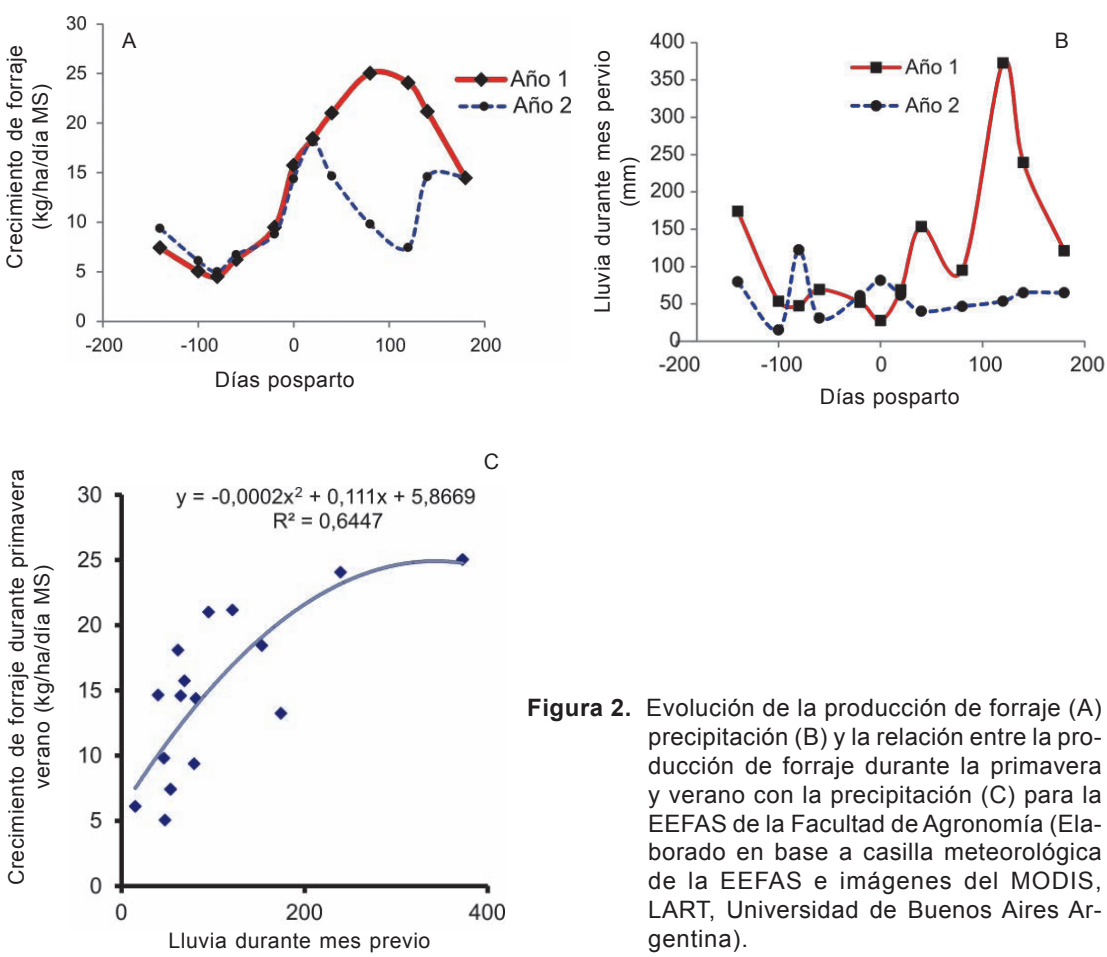


Figura 2. Evolución de la producción de forraje (A) precipitación (B) y la relación entre la producción de forraje durante la primavera y verano con la precipitación (C) para la EEFAS de la Facultad de Agronomía (Elaborado en base a casilla meteorológica de la EEFAS e imágenes del MODIS, LART, Universidad de Buenos Aires Argentina).

Cantidad y composición química del forraje

La oferta de forraje afectó la cantidad de forraje promedio (AO =1400 vs BO = 1200 kg/ha MS P<0,05) durante todo el experimento.

La evolución de la cantidad de forraje resultó afectada por los dpp pero no por la interacción OF*dpp (P<0,34) (Figura 3).

La evolución de la cantidad de forraje entre y dentro de años reflejó diversos patrones estacionales lo cual podría explicarse por la información reportada en la Figura 2. Esto resultó coincidente con los reportes de producción de forraje en la región de Basalto (Berretta *et al.,* 2000). No obstante los cambios en la cantidad de forraje promedio provocados por mejoras en la OF no fueron de suficiente magnitud para modificar la producción de forraje.

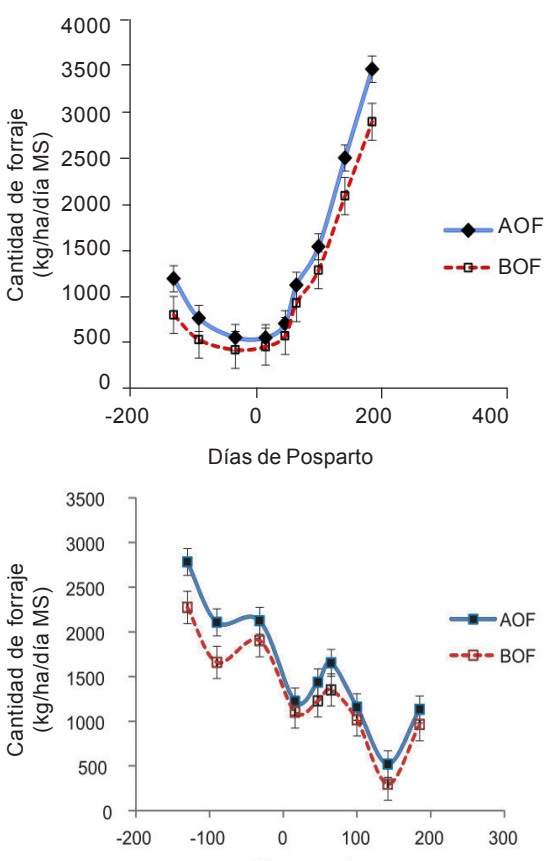


Figura 3. Evolución de la cantidad de forraje en los días posparto de ambos años (EEFAS Promedios de mínimos cuadrados ± error estándard).

La concentración de proteína cruda y fibra detergente neutro (en EEFAS sólo se registró durante el año 2) no fue afectada por la OF pero si por los dpp. La concentración de FDN resultó afectada por la interacción OF*dpp (p<0,002).

Los niveles de PC se incrementaron mientras que los de FDN se redujeron hacia primavera (Figura 4). Estos cambios parecerían haber sido más importante en la BOF.

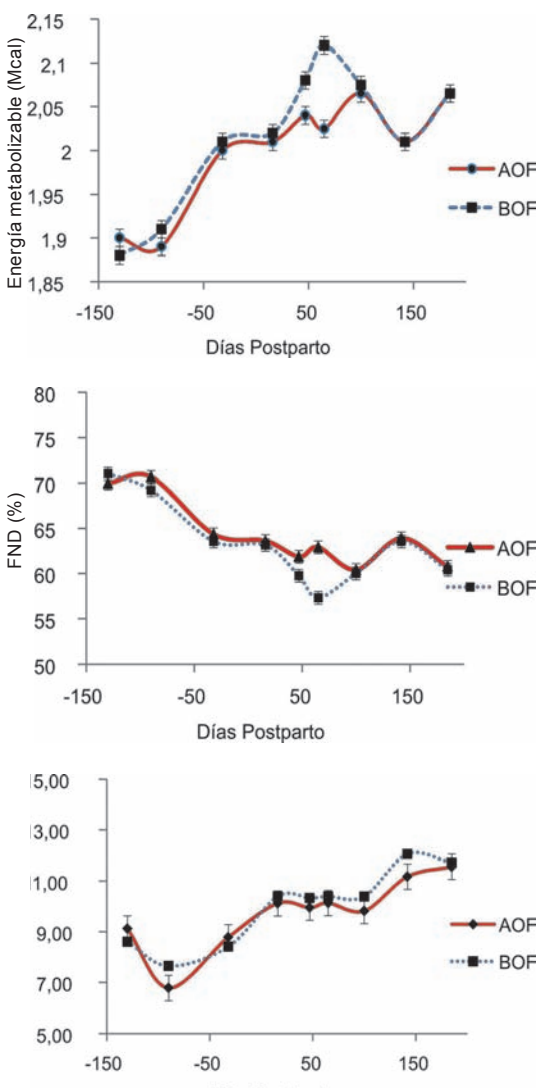


Figura 4. Evolución de la concentración de PC y FDN (%) durante los días posparto del año 2 (EEFAS, Promedios de mínimos cuadrados ± error estándard).

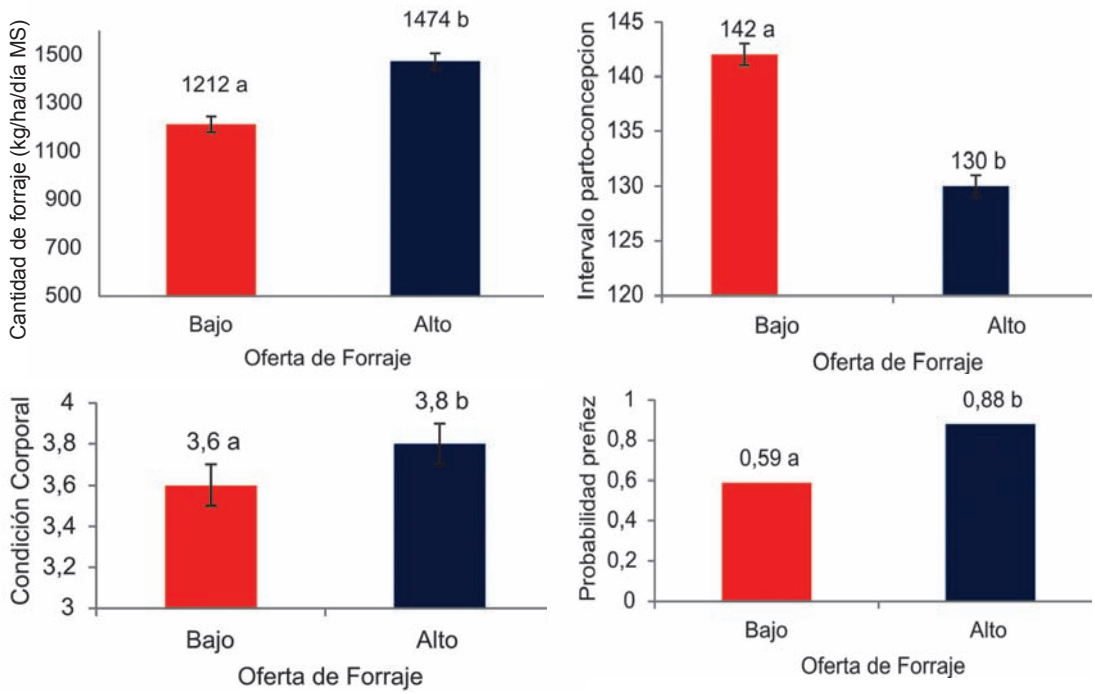


Figura 5. Efecto de la oferta de forraje sobre la cantidad de forraje, condición corporal, intervalo parto-concepción y probabilidad de preñez de vacas primíparas en pastoreo de campo natural (EEFAS, promedios de mínimos cuadrados error standard, letras diferentes p<0,05) (Fuente: Claramunt *et al.,* 2013).

Efecto de la oferta de forraje sobre respuesta productiva y reproductiva

El cambio entre BOF a AOF mejoró la condición corporal CC promedio (AOF=4,25 vr BOF= 4; p<0,001) y al parto CCP (AOF=3,9 vr BOF=3,6; p<0,05) de vacas primíparas. Una mejora en la OF se asoció con una reducción de 12 días en el intervalo parto-concepción (Figura 5) y un aumento de 50 por ciento en la probabilidad de preñez total (Figura 5).

Entre OF, las diferencias en la CC promedio y al parto fueron inferiores a la respuesta que efectivamente se encontró en la probabilidad de preñez. Esta información permite postular que en la respuesta del grupo AOF estarían involucradas una reducción de 12 días (Figura 5) en el intervalo parto-concepción y una mejor capacidad de responder al flushing. Ambas respuestas serían la consecuencia de un mejor balance energético pre y durante el postparto temprano (Figura 6).

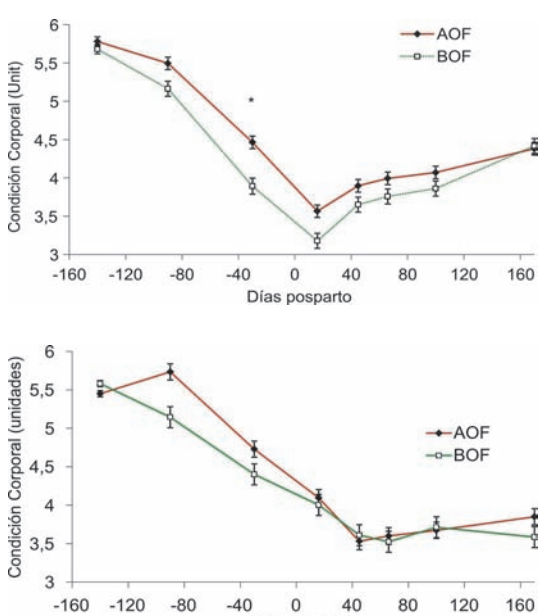


Figura 6. Evolución de la condición corporal (CC) durante el pre y posparto de vacas primíparas en pastoreo de campo nativo (EEFAS, Promedios de mínimos cuadrados ± error standard) (Fuente: Claramunt *et al.,* 2013).

EEBR

Registros meteorológicos

La evolución de la precipitación y evapotranspiración durante setiembre 2007-agosto 2009 se presenta en la Figura 7.

Durante la mayoría del período experimental se registró una marcada diferencia entre la evapotranspiración (ET) y la lluvia lo cual resultó explicado por un déficit casi continuo en las precipitaciones. La sequía continuó afectando durante todo 2008 hasta el fin de invierno-inicio de primavera de 2009. Dicho experimento se desarrolló casi en su totalidad (70 por ciento del período evaluado) bajo condiciones de severas restricciones hídricas por déficit de precipitaciones desde otoño de 2008. Durante el verano 2007-2008 se registró el primer evento de sequía (Figura 7) a partir del cual los registros de precipitaciones no se recuperaron.

Figura 7. Evolución de la precipitación y la evapotranspiración en la EEBR de la Facultad de Agronomía. (Promedios y desvíos estándar provenientes de los registros de la Casilla Meteorológica de la EEBM, Facultad de Agronomía).

Cantidad y composición química de la pastura

La oferta de forraje y estación del año afectaron (P<0,001) la evolución de la altura y masa de forraje. En AOF siempre se registró mayor masa y altura de forraje pero resultó significativamente diferente durante verano-otoño 2008 y verano 2010 (Figura 8). Esto contribuye a explicar el efecto de la OF sobre la producción anual de forraje (AOF = 6300 vs BOF = 4900 kg/ha/día MS; p<0,05).

La producción de forraje resultó afectada por la estación del año, la precipitación y la oferta de forraje (P<0,05). A corto o muy corto plazo, la oferta de forraje generó diferencias en los atributos de la pastura, donde AOF mantuvo superior altura la cual se relaciona positivamente con índice de área foliar (IAF) y con la tasa de crecimiento de la pastura. A pesar de que la lluvia determinó los niveles de producción de forraje, el control de la OF generó una diferencia relativa de 2,6 kg/ha/día de MS lo que representó una diferencia de 950 kg de kg/ha/día MS entre AOF y BOF.

Los cambios de oferta de forraje en los períodos de mejores condiciones ecológicas para la producción de forraje explican el funcionamiento anual del ecosistema campo natural. En AOF la cantidad y altura máxima 3200 kg/ha MS y 6,7 cm. se alcanzó en enero mientras que durante febrero la BOF alcanzó 3,3 cm. y 1500 kg/ha de MS en marzo. Estos cambios condicionaron la dinámica y capacidad de carga del campo nativo durante todo el año, el consumo y gasto de energía de las vacas de cría en diversos momentos fisiológicos y determinan diversos «escenarios» con respecto a eventos climáticos extremos, como en este caso una sequía de largo plazo.

La composición química de la pastura no resultó afectada por la oferta de forraje (Do Carmo *et al.,* 2013).

El efecto de la OF en los cambios en la altura, cantidad y en la acumulación de forraje coincide con experimentos que a diversas escalas de tiempo (3 años en Uruguay) en el país y la región (20 años Brasil) (Soca *et al.,* 1998; Nabinger *et al.,* 2000) han reportado mejoras en la producción de forraje del campo natural.

Efecto de la oferta de forraje sobre respuesta productiva y reproductiva

La evolución de peso vivo y CC resultó afectada por la interacción oferta de forraje por estación del año (P<0,05). La condición corporal presentó un modelo de cambio similar al de la altura y cantidad de forraje pero con desfasaje temporal en los registros mínimos y máximos (Figura 9).

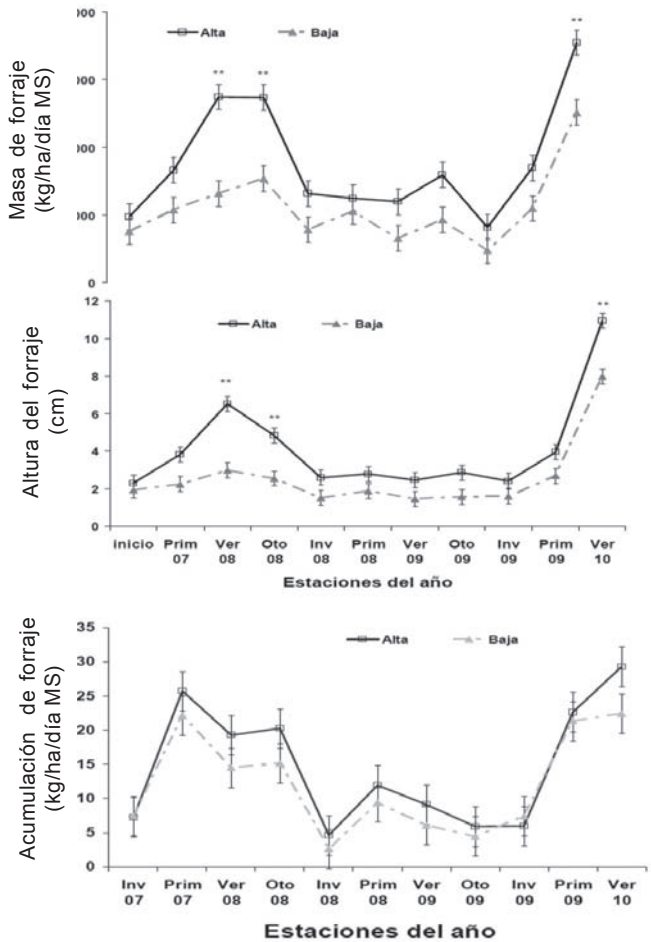


Figura 8. Efecto de la oferta de forraje y estación del año sobre la cantidad altura y acumulación de forraje desde primavera 2007 a verano 2010 (Promedio de mínimos cuadrados ± error estándar) Proyecto FPTA 242 INIA - Facultad de Agronomía. Los asteriscos (**) indican diferencias significativas entre Alta oferta de forraje (AOF) y Baja oferta de forraje (BOF. Inv = invierno, Prim = primavera, Ver = verano, Oto = otoño, 07 = 2007, 08 = 2008, 09 = 2009, 10 = 2010 (Fuente Do Carmo *et al.,* 2013).

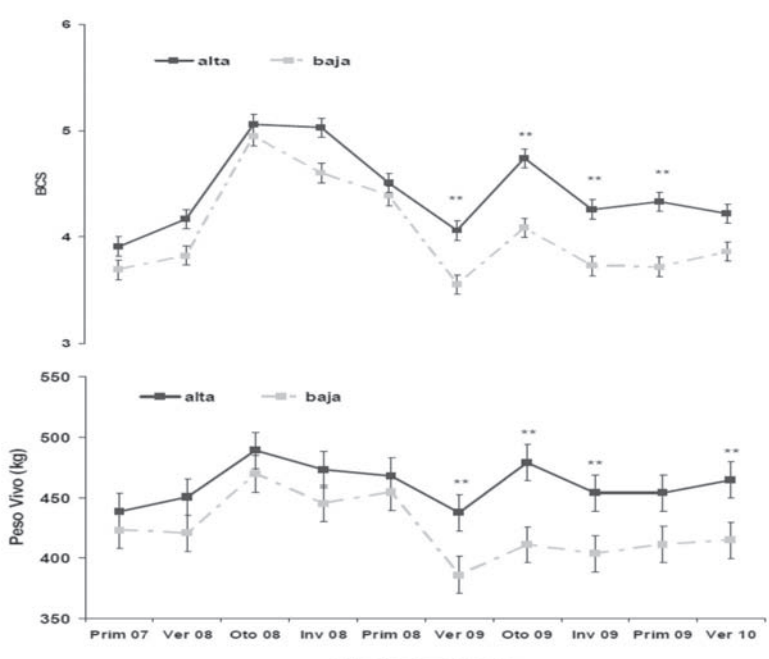


Figura 9. Efecto de la oferta de forraje sobre la condición corporal (CC) y peso vivo (PV) de vacas de cría en pastoreo de campo natural (Promedios de mínimos cuadrados ± error estándar).

Estos resultados coinciden con la investigación nacional donde se encontró una estrecha relación entre la condición corporal y la altura del campo natural (Trujillo *et al.,* 1996). Dado las relaciones altura de forraje –balance de energía un sistema de cría que sea operado con niveles constantes de 6 por ciento de oferta de forraje promedio anual comprometería su resultados físico-económico (Soca *et al.,* 2007).

El grupo genético vacuno afectó la condición corporal (P<0,01). Las vacas cruzas tuvieron mejor desempeño que las puras durante la mayor parte del ciclo productivo. No se registró interacción entre la OF*GG en la evolución global de la condición corporal. Cuando se analizan períodos más cortos con sentido fisiológico para la vaca de cría (otoño - verano) la interacción OG*GG tiende a presentarse como estadísticamente significativa (P<0,1). En ambas ofertas de forraje las vacas cruzas mejoraron su desempeño durante gestación tardía e inicio de lactancia (Laporta *et al.,* 2012). En BO a inicio de la lactancia las vacas cruzas movilizaron superior condición corporal que las puras. La información extranjera y la generada en el propio proyecto en lo que refiere al tamaño de las vísceras y composición del cuerpo (Carriquiry *et al.,* 2013 en este seminario) permite postular la hipótesis que en ambos escenarios las vacas cruzas fueron más eficientes en la utilización de la energía con fines de reserva en CC y productivos (Soca *et al.,* 2009). Los mecanismos por los cuales las vacas cruzas fueron más eficientes relacionados a la conducta en pastoreo de vacas cruzas y puras durante el invierno permite sostener que existiría relación entre la conducta en pastoreo, la eficiencia de uso de la energía y las señales internas del animal relacionadas con la condición corporal (Pitroff y Soca, 2006; Scarlatto *et al.,* 2010).

La oferta de forraje afectó el estado nutricional de las vacas al parto e inicio de entore, lo cual presentó una estrecha relación con la duración del anestro posparto y la probabilidad de preñez. Una mejora en la OF mejoró la probabilidad de preñez (AOF=0,85 vr BOF=0,55 P<0.01). Esta respuesta se encontró en vacas adultas (EEBR) y el experimento llevado a cabo en la EEFAS con vacas primíparas. Cuando el cambio en la oferta de forraje coincide con el último mes de gestación, los cambios en los niveles de insulina, IGF-I y CC explicarían la mejora en el desempeño reproductivo asociado a la oferta de forraje (Carriquiry *et al.,* 2012).

Se encontró una tendencia (P<0,15) a mejorar el porcentaje de preñez de vacas cruzas en AO mientras que en BO no difieren entre sí.

Se encontró interacción entre el grupo genético*oferta de forraje sobre la evolución de peso vivo de los terneros durante el período 2008-2009 (Figura 11). Dicha interacción se explicó porque los terneros hijos de vacas cruzas y de AO fueron más pesados en todas las edades. Los hijos de vacas puras en baja oferta difieren del resto en forma significativa en todas las fechas lo cual no sucedió con los hijos de vacas cruzas en BO y vacas puras en alta los cuales no se diferenciaron entre sí (Carriquiry *et al.,* 2013, en esta publicación).

EFECTO DE LA OFERTA DE FORRAJE SOBRE LA PRODUCCIÓN POR UNIDAD ANIMAL Y DE SUPERFICIE DE LA CRÍA VACUNA: SÍNTESIS DE LA INFORMACIÓN DE AMBOS SITIOS EXPERIMENTALES (EEBR Y EEFAS)

Para este análisis emplearemos el modelo conceptual (Figura 11) del sistema objeto de estudio: Ecosistema C*ampos* bajo pastoreo con vacas de cría sometido a cambios en la oferta de forraje (Figura 10).

Las principales variables de estado del modelo lo constituyen la cantidad de forraje, condición corporal de las vacas y los kilos de ternero destetados por vaca. La cantidad de forraje depende de la interacción entre la OF (cantidad de forraje/kilos de peso vivo) y la tasa de acumulación de forraje. En primavera y otoño (cuando la temperatura no limita la producción de forraje), la tasa acumulación de forraje de las especies de ciclo fotosintético C4, principales componentes de

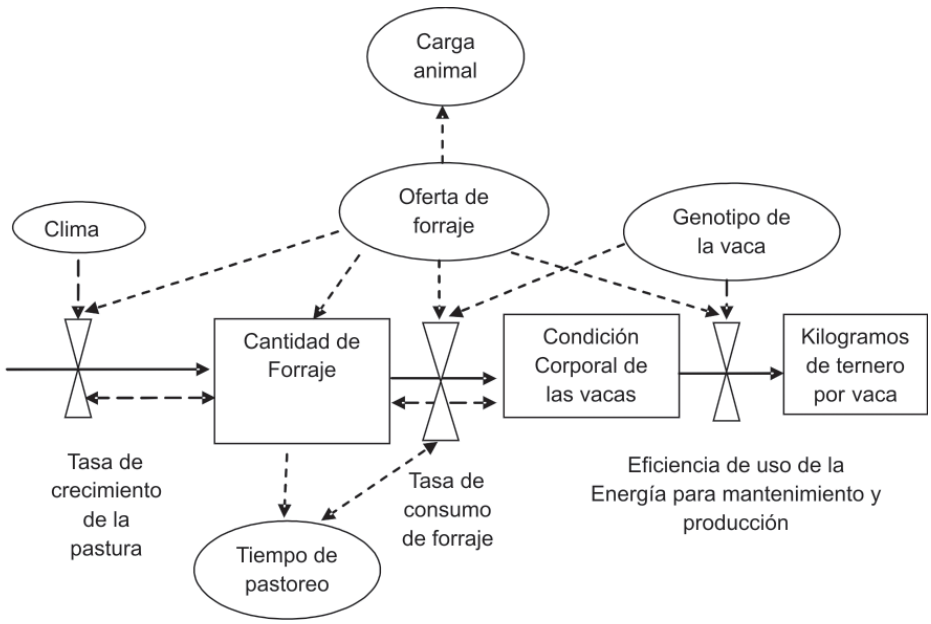


Figura 10. Modelo conceptual que describe las variables de estado, flujos de información y variables auxiliares que describen el funcionamiento de Campos bajo pastoreo (Do Carmo et al, 2013 sp).

Referencias:
Rectángulo: variable que refleja 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 (basado en Forrester, 1995).

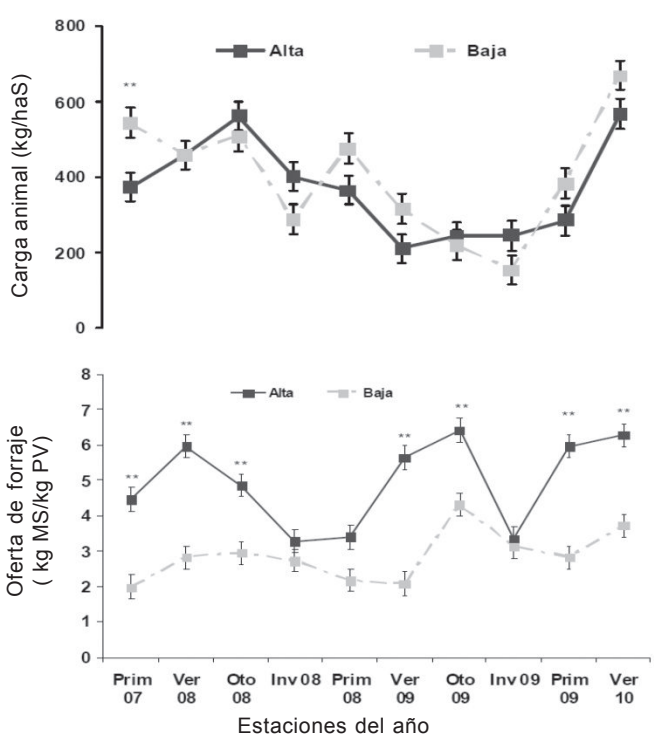


Figura 11. Carga animal (kilos de peso vivo animal por unidad de superficie) y oferta de forraje real (kg MS/kg PV) en cada estación del año en alta oferta de forraje (AO) y Baja oferta de forraje (BO) (Medias de mínimos cuadrados ± error estándar). Los asteriscos (**) indican diferencias significativas entre AO y BO. Inv = invierno, Prim = primavera, Ver = verano, Oto = otoño, 07 = 2007, 08 = 2008, 09 = 2009, 10 = 2010.

los campos naturales, resultó controlada por la precipitación (Figura 11) (Bermúdez y Ayala, 2005, Do Carmo *et al*., 2013). Dicho control se explica por la estrecha relación entre la lluvia y temperatura con la aparición, elongación y largo de vida de las hojas de gramíneas dominantes (Lemaire y Agnusdéi, 2000). Dichos caracteres componen el índice de área foliar (IAF) el cual presenta una estrecha asociación con la cantidad y altura del forraje de campo natural (Gonçalvez, 2007). En ambos experimentos, la cantidad de forraje durante primavera – verano resultó controlada por la precipitación (Figura 1) no obstante la mejora en OF incrementó la cantidad de forraje. Dicho aumento podría explicarse por las mejoras en la producción de forraje registradas en EEBR y cambios en la utilización de forraje en ambos experimentos. La mejora en la producción de forraje resultó coincidente con los reportes para Campos donde en base a la investigación llevada a cabo en Rio Grande do Sul, Brasil (Moojen y Maraschin, 2002) se encontró mejoras en la cantidad de forraje de Campo entre 900 a 1800 kg/ha MS o de 4 a 12% en la OF y un incremento de en la producción de forraje de 1000 kg/ha/año o 3 kg/ha/día MS (Maraschin *et al.,* 1997, Moojen y Maraschin 2002).

Los cambios de oferta de forraje en los períodos de mejores condiciones ecológicas para la producción de forraje afectaron el funcionamiento de ambos ecosistemas durante todo el año. Un cambio en la oferta de forraje a corto plazo mejoró la masa y acumulación de forraje y a largo plazo (anual) determinó mejoras en la producción total de forraje y cierta atenuación del déficit hídrico que para las condiciones del experimento de EEBR ocurrió durante 1 año y para EEFAS durante la primavera y verano.

Bajo este modelo de investigación, la carga animal (kg/ha de peso vivo), pasa a ser una variable de respuesta dado que depende de la OF, cantidad de forraje y la acumulación de forraje (Figura 11). En EEBR el aumento en la producción de forraje explicó que los niveles de carga animal se igualaran, mientras que en EEFAS, la no modificación de la producción de forraje explicaría la reducción en la carga animal con el aumento en la OF. Los cambios en la carga animal (expresados como kilos de peso vivo/ha) resultaron afectados por la interacción OF* estación en EEBR (Figura 10) y por la OF*dpp en el experimento de EEFAS (Figura 11).

En ambos experimentos el aumento de la OF provocó una reducción de 80 y 100 kilogramos de peso vivo por hectárea durante la primavera. Para el otoño el cambio en la carga animal de la BOF resultó más importante en el experimento de EEFAS. En la EEFAS el incremento de la OF no modificó la producción de forraje lo que contribuye a explicar la reducción en la carga animal promedio (AO= 355 vs BO= 437 kg*/ha PV; P<0.001).El protocolo experimental aplicado modificó la intensidad promedio y la variación estacional de la relación kg forraje/kilos de peso vivo a través de cambios en la carga animal (Figura 12 y Figura 13).

Los niveles de carga animal soportados por el campo natural de ambos trabajos EEBM (AOF= 350-390 y BOF= 360-400 kg/ha PV), en la EEFAS (AO= 355 vs. BOF= 437 kg/ha PV) resultaron muy superiores a los estimados como carga animal segura la cual supone una utilización constante (por lo general 50%) de la producción de forraje. Esto implica que el control de la oferta de forraje permitirá obtener excelentes resultados productivos con restricciones climáticas y niveles de carga animal superiores a carga animal segura en el área de cría de los establecimientos ganaderos.

En ambos experimentos se encontró una mejora en la productividad por animal (probabilidad de preñez y peso al destete) con el incrementó en la OF. Esto podría explicarse por un incremento en el consumo de energía, reducción del gasto de energía y mejoras en la eficiencia de uso de la energía. En el caso de EEBR, no se encontró diferencias en el consumo de energía estimado por el NRC (2000) por unidad de peso vivo de las vacas. Esto jerarquiza la reducción en los costos provocada por los cambios en el tiempo de pastoreo ante mejoras en la altura de forraje (Scarlato *et al.,* 2012) y las mejoras en la eficiencia de uso de la E como mecanismos que explican principalmente dichos cambios. Los animales emplearon más tiempo en menor área pero con atributos de la

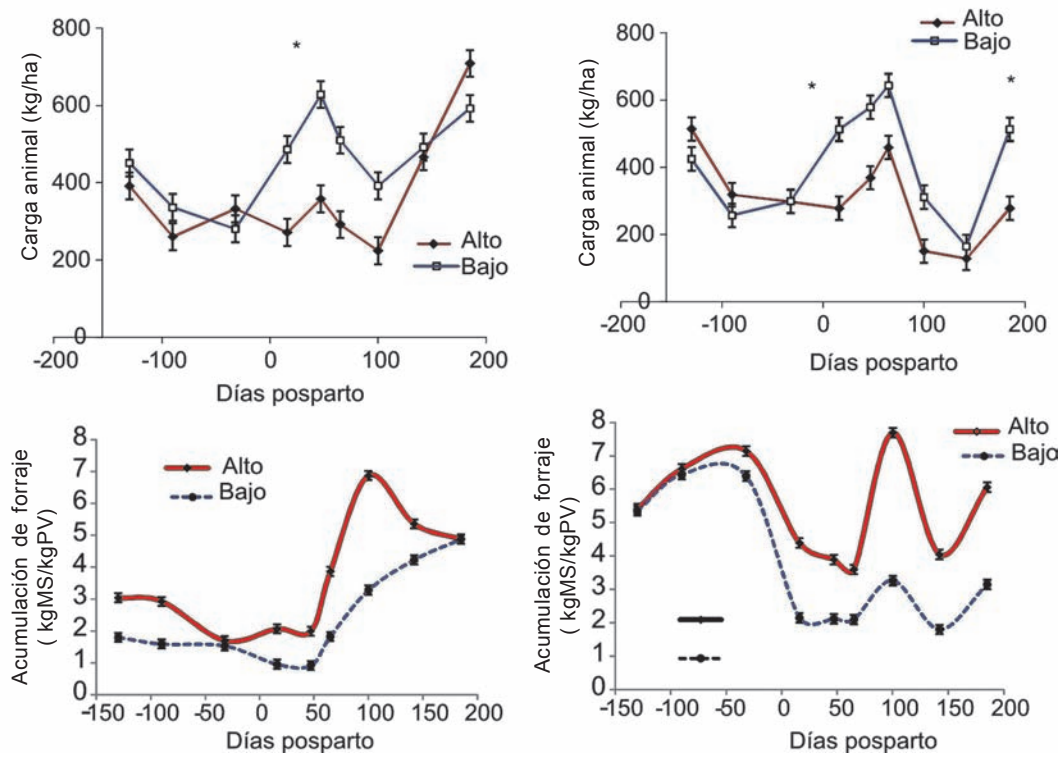


Figura 12. Evolución de la capacidad de carga entre años y de la oferta de forraje (Medias de mínimos cuadrados ± error estándar) para EEFAS.

pastura que permiten mayor consumo de nutrientes y/o menor gasto de energía en pastoreo (Scarlato *et al.,* 2012).

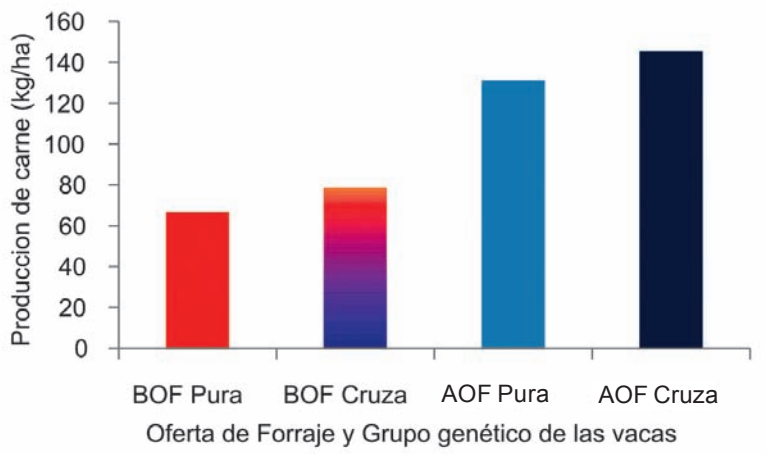
Una mejora en la CC refleja mejor balance energético de la vaca lo cual se asoció positivamente con hormonas metabólicas (leptina, insulina e IGF-I) que informan sobre la relación entre balance consumo de energía y reproducción (Hess *et al.,* 2005). Esto explicaría las asociaciones entre los cambios de OF con la CC al parto, el largo de anestro postparto y la probabilidad de preñez.

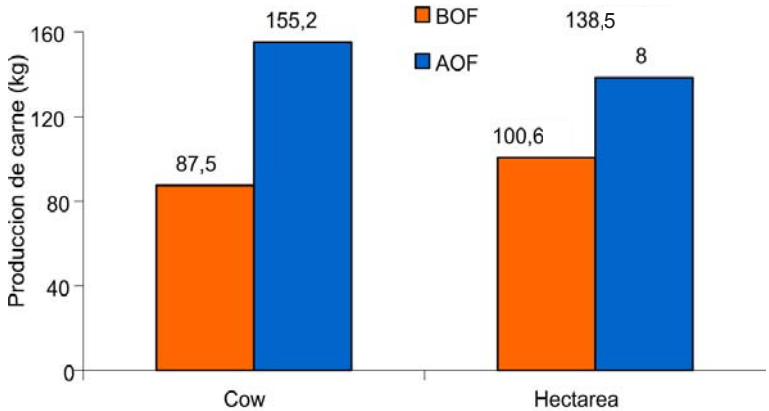
Las diferencias entre GG podría explicarse porque hay genotipos que «invierten» energía en la supervivencia y otro que lo hace en su descendencia (Blanc *et al.,* 2006) lo que resulta en diferencias en la productividad de las vacas medida en kilogramos de ternero.

En la EEFAS la reducción en la carga animal (AOF=0,9 vs BOF=1,2 UG/ha) resultó más que compensada por el aumento en la probabilidad de preñez, el peso al destete que fueron muy superiores a la reducción de carga animal provocada. El cambio de OF permitió casi duplicar la producción por unidad de superficie frente a la BOF. En dicha respuesta están involucradas las mejoras en la probabilidad de preñez y de los kilos de destete por vaca.

En EEBR los niveles de producción por hectárea en BOF con vacas puras resultaron similares a sistemas tradicionales de cría donde los niveles de producción se ubican en 50-70 kilos de carne por hectárea. Estos registros podrían estar explicados por los niveles de altura y cantidad de forraje y las restricciones en el clima que en este caso habrían provocado un superior efecto detrimental en el BOF. El incremento en la probabilidad de preñez y peso al destete permitió incrementar la productividad por unidad animal. En el caso de la EEBR los aumentos en la producción de forraje obtenidos en AOF junto a estas mejoras en la producción por animal explicaron los aumentos en los niveles de producción por unidad de superficie. Dicho aumento resultó superior cuando se emplearon vacas cruzas dado los

Figura 13. Efecto de la oferta de forraje y grupo genético (EEBR) y la oferta de forraje sobre la producción por unidad de superficie en ambos experimentos.





superiores pesos al destete obtenidos en dicho tratamiento. En el experimento de EEBR una mejora de la OF y cambio del grupo genético se asoció a un incremento en los kilos de ternero destetado por vaca (Alta Cruza= 202; Pura = 182 y Baja Cruza = 175 y Baja Pura = 148 kg Vaca entorada). La probabilidad de preñez resultó afectada por la OF (Alta= 0,85 vr BOF= 0,55) y se encontró una tendencia a que la interacción resultara significativa (AOF Cruza= 0,88, Pura= 0,75) BOF (Cruza= 0,66, Pura= 0,33).

Estos resultados productivos evidencian la capacidad de los genotipos tanto puros como cruza en captar los beneficios que la alta oferta forraje provee. No obstante, el mayor beneficio frente a AOF es obtenido por las razas puras, quienes logran incrementos del 22% en los kg de terneros obtenidos anualmente (de 148 a 182 kg en baja y alta, respectivamente). Por su parte, las madres cruza logran incrementos del 15% ante la mejora en la oferta forrajera. Sin embargo, la productividad alcanzada por las vacas cruza aún en baja oferta de forraje es semejante a la lograda en los genotipos puros en alta oferta (175 kg en Baja Cruza vs 182 kg en Alta Pura), sugiriendo una mayor plasticidad ante las variaciones ambientales. En otros términos parecería advertirse mayor adaptabilidad en las vacas cruzas, probablemente como consecuencia de los efectos genéticos no aditivos, los que se manifiestan especialmente en caracteres de sobrevivencia y reproducción. Sin importar el genotipo, las diferencias en productividad debidas a la oferta de forraje fueron de 19%, con productividades en media de 192 y 162 kg de TD/VE/año en alta y aaja, respectivamente. En una comparación directa en los tratamientos generados de la interacción entre los factores oferta y genotipo, se visualiza una superioridad de hasta 36% más en la productividad global lograda en un ciclo de cría bajo el uso de

vacas cruzas en pastoreo de campo natural. Dichas mejoras estarían reflejando el mejor balance de energía de las vacas y las mejoras de estructura de la pastura, lo cual, habría mejorado la producción de leche y el consumo de forraje de la vaca y ternero respectivamente. Dentro de AOF entre Cr y Pu, el consumo estimado se incrementó 4,7% pero los kg de ternero se incrementaron 10,5%. Esto coincide con la diferencia registrada en la producción de leche entre AOF-Cr y AOF-Pu (Gutiérrez *et al.,* 2012). En BOF el consumo de forraje se incrementó 10% en Cr respecto de Pu pero la producción de leche aumentó 22% y el peso de los terneros al destete se incrementó 16% en Cr respecto de Pu.

En EEFAS no obstante la reducción en la carga animal las mejoras en la productividad por animal fueron tan importantes como para mejorar la producción por unidad de superficie. Dicho resultado permite concluir que bajo un amplio rango de situaciones productivas el control de la OF permitirá mejorar en forma simultánea la producción por animal y unidad de superficie. Con este protocolo empleado los cambios en la carga serán consecuencia de las modificaciones en la producción de forraje. Esto explica que con mantenimiento o reducciones en la carga animal empleada se aumente la producción por animal y unidad de superficie.

El incremento en masa de forraje de ambos experimentos también podría explicarse por los cambios en el consumo de forraje obtenidos por cambios en la OF. Parte del forraje ofrecido no fue consumido e incrementaría la masa de forraje lo cual coincide con Piaggio (1994) que reportó que por cada kg de forraje extra que se ofrece el consumo se incrementa 0,11 a 0,27 kg de MO (Piaggio, 1994).

La utilización de forraje integra el consumo de forraje por animal y la carga animal. En EEBR el consumo de energía estimado por los requerimientos de energía neta (EN) promedio, resultaron diferentes (P<0,01) entre AOF y BOF (10,5 y 9,5 ± 0,17 Mcal/día EN) y entre Cr y Pu (10,4 y 9,7 ± 0,17 Mcal/día EN). La interacción oferta de forraje x genotipo de la vaca no resultó significativa (P>0,1) y los valores de cada grupo resultaron 10,83, 10,34, 10,01 y 9,08 Mcal/día EN para AOF-Cr, AOF-Pu, BOF-Cr y BOF-Pu respectivamente. Esto, parecería confirmar que las mejoras en masa y altura de forraje no se habrían traducido en incrementos en el consumo individual de energía por unidad de peso vivo. La eficiencia biológica de la producción de carne (gramos de ternero destetado por Mcal de EN utilizada por vaca entorada) (Jenkins y Ferrell, 1994) se estimó en base al consumo anual de EN (Do Carmo *et al.,* 2013). El numerador fue el peso en gramos de ternero destetado por vaca entorada . Esto resultó en 15,07, 12,38, 12,57 y 10,52 Mcal de EM por vaca entorada en AOF-Cr, AOF-Pu, BOF-Cr y BOF-Pu respectivamente lo cual confirmaría el efecto positivo de los cambios en la oferta de forraje y genotipo de la vaca sobre la eficiencia biológica de producción de carne de la cría vacuna. El valor alcanzado por AOF-Cr resultó comparable con el reportado por Jenkins y Ferrell (1994) en vacas Angus (15,5 gramos de ternero por Mcal de EM) e inferiores al registrado para las vacas más eficientes en ambientes con ingestión de 3000 kg MS anual en vacas Red Poll (Jenkins y Ferrell, 1994).

Aportes al estudio del funcionamiento de los sistemas ganaderos

En sistemas ganaderos de cría vacuna sobre campo natural sin control de la intensidad de pastoreo (kg pasto/kg peso vivo) dicha variabilidad climática «modula» la cantidad de forraje, el consumo de energía y la performance animal de las vacas de cría. Bajo estas situaciones, con un marcado efecto año y estación del año, la variabilidad en el patrón de producción de forraje se «traslada» directamente al resultado físico-económico del sistema. Por el contrario, cuando se controla la oferta global y estacional de forraje, se modula el balance de energía en momentos fisiológicamente importantes para el rodeo de cría (otoño: gestación temprana; primavera fin de gestación-inicio de lactancia). Dicho cambio se asoció con modificaciones en el estado metabólico (aumentos de insulina e IGF-I) los cuales informan al cerebro sobre mejores condiciones para reproducirse (Blanc *et al.,* 2006). Esto contribuye

a explicar las mejoras en la probabilidad de preñez, el intervalo parto-concepción y el peso al destete cuando se modificó la oferta de forraje. En la EEFAS las mejoras en la probabilidad de preñez fueron del orden de 50 por ciento las cuales resultan muy superiores a los cambios relativos registrados en la cantidad de forraje, la CC promedio y al parto. Dicha respuesta podría indicar que dichas mejoras «se construyen» a lo largo de todo el ciclo de la vaca primípara y por otro lado el importante efecto del flushing como herramienta para mejorar la eficiencia reproductiva de vacas primíparas. Recientemente ha sido discutido el aporte a los cambios en metabolitos, hormonas metabólicas y probabilidad de preñez del flushing (Soca *et al.,* 2013 s/p). Los incrementos en las hormonas metabólicas cuando se aplicó el flushing dependen de la condición corporal al parto y por ende del estado metabólico relacionado con el balance de energía. Esto coincide con el presente trabajo, la mejora en el balance de energía de vacas provenientes de AOF parecería de haber mejorado la capacidad de respuesta al flushing y destete temporario.

La hipótesis planteada, de que el aumento de la oferta de forraje de 6 a 10 kg MS/100 kg PV/día o de 2,5 a 4 kg de MS/kg PV promedio anual, y su variación estacional permitiría incrementar la masa y acumulación de forraje de Campos, fue confirmada en EEBR. Esto coincidió con experimentos regionales que controlaron la oferta de forraje bajo pastoreo de Campos (Piaggio, 1994; Nabinger, 2000). No obstante, el importante control climático de la producción de forraje, las mejoras en la OF permitió modular e incrementar una de las principales variables de estado del Campos: la masa de forraje. Los cambios en la masa de forraje, de escasa magnitud numérica pero de gran significado biológico, serían el resultado de la interacción entre la producción, consumo de forraje y el control climático de la producción de forraje (ver Figura 11).

El resultado de EEBR constituye un resultado relevante del presente trabajo, no obstante, el déficit hídrico que ocurrió durante la segunda primavera-verano (V08-Vu09), un escaso incremento en la altura de forraje provocó una mejora en la acumulación estacional (16%) y total del forraje (22%) lo cual confirma que no obstante el control climático de la precipitación sobre la producción de forraje el control de la OF permitió mejorar a corto plazo una de las principales variables de estado del ecosistema campos bajo pastoreo. Este mecanismo de «estabilidad» del ecosistema Campos explicaría que bajo AOF se promovería un ecosistema pastoril con menor vulnerabilidad a los cambios climáticos dado por superior masa y acumulación de forraje.

La ausencia de diferencias en carga animal entre ofertas de forraje contradice la hipótesis planteada, no ha sido reportada en la bibliografía internacional y constituye uno de los aportes más novedosos de este experimento.

No obstante, su aplicación a nivel comercial requeriría: a) Un modelo conceptual de gestión del forraje basado en la altura o cantidad de forraje. Esto podría obtenerse si dispusiéramos herramientas de gestión del forraje predial donde la altura de pasto constituya un objetivo de manejo b) Funciones de respuesta entre masa y/o altura y la acumulación de forraje en diversos tipos de suelos.

CONCLUSIONES

Para comunidades vegetales donde se lleva a cabo la cría vacuna de Uruguay es posible plantear que el control de la OF y su fijación en 10 por ciento de oferta de forraje promedio provocarían una mejora en la eficiencia productiva, resultado económico y en la competitividad de la cadena dado que se reducirían los costos unitarios de producción del kilo de carne.

El incremento de la OF entre 6 y 10 kg MS/100 kg/día PV mejoró la captación, uso y conversión de la energía solar en producto animal del ecosistema pastoril de cría vacuna sobre campo natural de Uruguay. Un cambio de BO a AO con modificación estacional en la oferta de forraje, aún en condiciones de severo stress hídrico, permitió incrementar o mantener la producción de forraje sin modificaciones o con reducción en la capacidad de carga del sistema en EEBR. La AO mejo-

ró la condición corporal al parto e inicio del entore, la probabilidad de preñez de vacas sometidas a flushing y el peso al destete de los terneros. La oferta de forraje afectó la respuesta al flushing. Aquellas vacas que provenían del grupo AOF mejoraron sustantivamente el porcentaje de preñez temprana y global. Conjuntamente esto determina mejoras sustanciales de la producción física por unidad de superficie y la eficiencia biológica del sistema de cría.

El cambio simultáneo en la oferta de forraje y grupo genético cruza determinaría que en ambos ambientes u ofertas de forraje se mejore la eficiencia biológica de producción de carne y se cuente con herramientas que permiten atenuar la variabilidad climática expresada en el aumento de probabilidad de ocurrencia de eventos extremos. No obstante el cambio hacia el 10 por ciento de oferta de forraje en EEFAS con vacas primíparas y en EEBR con vacas F1 duplicó la producción de carne por unidad de superficie. Dicho aumento se explica por el efecto positivo de la oferta de forraje sobre la cantidad total y verde de forraje, la producción de forraje y el balance de energía del rodeo de cría. Si a las estimaciones de producción de carne por hectárea la ponderamos económicamente es posible afirmar que esa ruta de cambio técnico también mejoraría el ingreso económico de la cría vacuna.

Las respuestas a diversas escalas de tiempo permiten mejorar las recomendaciones y entender los procesos involucrados en la eficiencia de utilización de la energía en sistemas de cría en pastoreo de campo nativo. A corto plazo un cambio en la oferta de forraje modifica la condición corporal, reduce el tiempo dedicado al pastoreo, mejora el balance de energía y los niveles de insulina con la consecuente mejora en el porcentaje de preñez y kilos de destete. No obstante sin cambios en la toma de decisiones en sistemas de cría por lo general no dispongo de tiempo y espacio para asignar forraje al proceso de cría en campo nativo. A mediano plazo se modifica la tasa de crecimiento y producción de forraje sin cambio en la capacidad de carga. La reducción del tiempo de pastoreo con el aumento en la oferta permite ahorrar energía que será empleada en el proceso productivo.

AGRADECIMIENTOS

A la EEFAS y EEBR de la Facultad de Agronomía. Parte de la información publicada fue generada en el Proyecto FPTA 242 Facultad de Agronomía-INIA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN V.G.; BATELLO C.; BERRETTA E.J.; HODGSON J.; KOTHMANN M.; LI X.; MCIVOR J.; MILNE J.; MORRIS C.; PEETERS A.; SANDERSON M. 2011. An international terminology for grazing lands and grazing animals. Grass and Forage Science 66:2-28

AOAC. 2007. Official Methods of Analysis, 18a. ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. 1975p.

ASTESSIANO, A.L.; PÉREZ-CLARIGET, R.R.; QUINTANS, R.SOCA, P.; CARRIQUIRY,M. 2011. Effects of a short-term increase in the nutritional plane before the mating period on metabolic and endocrine parameters, hepatic gene expression and reproduction in primiparous beef cows on grazing conditions. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition doi:10.1111/j.1439-0396.2011.01178.x

BERMÚDEZ. R.; AYALA, W. 2005. Producción de Forraje de un campo natural de la zona de lomadas del Este. En: SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN TÉCNICA EN MANEJO DE CAMPO NATURAL (2005, Treinta y Tres). Risso, D.; Ayala, W.; Bermúdez, R.; Berretta, E. (coord.). Montevideo: INIA. p.33-39. (Serie Técnica; 151).

BERRETTA, E.J.; RISSO, D.F.; MONTOSSI, F.; PIGURINA, G. 2000. Problems of animal production related to pastures in South America: Uruguay. En: Grassland Ecophisiology and Grazing Ecology. Lemaire G, Hodgson J, de Moraes A, Nabinger C, Carvalho PCF (eds.) Cambridge, United Kingdom: University Press. p.377-394.

BLANC, F.; BOCQUIER, F.; AGABRIEL, J. D´HOUR, P.; CHILLIARD, Y. 2006. Adaptative abilities of the females and sustainability of ruminants livestock systems. A review. Animal Research 55: 489-510.

BRISKE, D.D.; HEITSCHMIDT, R.K. 1991. An ecological perspective. En: Heitschmidt RK, Stuth JW ed. Grazing mamangement and ecological perspective. Timber Press Inc., Portland, OR 11-26 pp.

BURNS, BM.; FORDYCE,G.; HOLROYD, R.G.2010.Review article A review of factors that impact on the capacity of beef cattle females to conceive, maintain a pregnancy and wean a calf—Implications for reproductive efficiency in northern Australia. Animal Reproduction Science. 122 (1–2): 1-22.

CARRIQUIRY, M.; ESPASANDIN, A.C.; ASTESSIANO, A.L.; CASAL, A.; CLARAMUNT, M.; DO CARMO, M.; VIÑOLES, C.; SOCA, P. 2012. La cría vacuna sobre campo nativo: Un enfoque de investigación jerárquico para mejorar su productividad y sostenibilidad. Veterinaria (Montevideo). 48 (Suppl.1):41-49.

CLARAMUNT, M.; CARRIQUIRY, M.; GIL, G.; SOCA, P. 2013 Forage allowance on reproductive response of primiparous cows submitted to suckling restriction and flushing grazing Campos native pastures. ADSA-ASASJoint Annual Meeting,July 8-12,2013 - Indianapolis, IN

COATES, D.B.; PEANNING, P. 2001. Measuring animal performance. En: Mannetje, L.'t.; Jones, R.M. (eds.). Field and laboratory methods for grassland and animal production research. Wallingford, UK: CABI Publishing, p. 353-402

CROWE, L. 2008. Review article. Resumption of Ovarian cyclicity in postpartum beef and Dairy cows. Reproduction of Domestic Animals. 43 Suppl 5 20-28

DIEA. 2012. [En línea]. Anuario estadístico agropecuario 2012. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Uruguay. Diciembre 2011. Consultado 3 jul. 2013. Disponible en: www.mgap.gub.uy/diea.

DO CARMO, **M.** 2013. Efecto de la oferta de forraje y genotipo vacuno sobre 8 la productividad de la cría vacuna en campos de uruguay. Tesis MSc. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay. 67 pp.

DO CARMO, M.; CARRIQUIRY, M.; SOCA, P. 2013. Effect of forage allowance and cow genotype on cow-calf system in Campo grassland, In: II Simposio Internacional de Integraçao Lavoura-Pecuaria. Porto Alegre, Brasil.

DO CARMO, M.; CARRIQUIRY, M.; SOCA, P. 2013. Effect of forage allowance on native pasture traits, stocking rate and beef cow body condition. In: Proceeding of the 22 International Grassland Congress, Sidney, Australia.

FORRESTER, J.W. 1995. Counterintuitive behavior of social systems. [En línea] 26 marzo de 2013. Disponible en http://constitution.org/ps/cbss.pdf.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P.J. 1970. Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, prosedures and some applications). USDA Agricultural Handbook No. 379.

GONÇALVEZ, E. 2007. Comportamento ingestivo de bovinos e ovinos em pastagem natural da depressão central do Rio Grande do Sul. Tesis PhD. Porto Alegre, RS, Brazil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 128 p.

GUTIÉRREZ, V.; ESPASANDIN, A.C.; ASTESSIANO, A.L.; 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. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2012.01314.

HESS, B.W., LAKE, S.L.; SCHOLLJEGERDES, E.J.; WESTON, T.R.; NAYIGIHUGU, V.; MOLLE, J.D.C.; MOSS, G.E. 2005. Nutritional controls of beef cows reproduction Journal of Animal Science 83:90-106.

JENKINS, T.G.; FERRELL, C.L. 1992. Lactation characteristics of nine breeds of cattle fed various quantities of dietary energy. Journal of Animal Science 70 (6): 1652-1660.

JENKINS, T.G.; FERRELL, C.L. 1994. Productivity Through Weaning of Nine Breeds of Cattle Under Varying Feed Availabilities: I. Initial Evaluation Journal of Animal Science 72(11):2787-2797.

LAPORTA, J.; GUTIERREZ, V.; MACHADO, P.; PEREYRA, F.; LÓPEZ-MAZZ, C., ESPASANDIN, A.; CARRIQUIRY, M. 2010. Effect of genetic group and forage allowances of native pastures on metabolite parameters during the peripartum and reproductive performance

in beef cattle. En: XXVI Congreso Mundial de Buiatría, Santiago de Chile, Chile.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEI, M.G. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In: Grassland ecophysiology and grazing ecology. Editor(s): Lemaire, G. Hodgson, J. Moraes, A. de Nabinger, C. Carvalho, P. C. de F. CAB Publishing UK.

MARASCHIN, G.E.; MOOJEN, E.L.; ESCOTEGUY, C.M.D.; CORREA, L.; APEZTEGUIA, E.S.; BOLDRINI, I.I. 1997. Native pasture, forage on offer and animal response. En: Buchanan-Smith JG, Bailey LD, McCaughey P. ed. Proceeding of the XVIII International Grassland Congress, 8 - 19 June 1997; Winnipeg and Saskatoon, Canada. Calgary, Canada. p. 27-29.

MCGOWAN, M.; GALLOWAY, D.; TAYLOR, E.; ENTWISTLE, K.; JOHNSTON, P. 1995. The veterinary examination of bulls. Queensland, Australian Association of Cattle Veterinarians Australian. 81 p.

MCGOWAN, M.R.; HOLROYD R.G. 2008. Reproductive inefficiency es and opportunities in dairy and beef cattle in Australia. Proceedings 27 th Biennial Conference of the Australian Society of Animal Production 27: 1-9

MEIKLE, A., FORSBERG M. 2001. Conceptos básicos sobre progesterona y reproducción bovina. Radioinmunoanálisis (RIA). Control de Calidad del radioinmunoensayo. Departamento de Biología Celular y Molecular. Facultad de Veterinaria. Montevideo, Uruguay. Centre for Reproductive Biology in Uppsala. Department of Clinical Chemistry. Faculty of Veterinary Medicine, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

MONTIEL, F.; AHUJA, C. 2005, Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. Animal Reproduction Science. 85. 1-26.

MOOJEN, E.L.; MARASCHIN, G.E. 2002. Potential production of a southern Brazil rangeland submitted to forage in offer levels. Ciência Rural 32:127-132.

MORRIS, C.A.; BAKER, R.L.; JOHNSON, D.L.; CARTER, A.H.; HUNTER, J.C. 1987. Reciprocal crossbreeding of Angus and Hereford cattle 3. Cow weight, reproduction, maternal performance and lifetime production. New Zealand Journal of Agricultural Research 30: 453-467.

MOTT, G.O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: Proceedings of the eighth international grassland congress. 11-21 July, University of Reading, Berkshire, England.

NABINGER, C.; DE MORAES, A.; MARASCHIN, G.E. 2000. Campos in southern Brazil. En: G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, C. Nabinger and P. C. F. Carvalho ed. Grassland Ecophisiology and Grazing Ecology. Cambridge, United Kingdom: University Press. p 355-376.

N**ABINGER, C.; DE FACCIO CARVALHO, P.C.; PINTO, C.E.; MEZZALIRA, J.C.; MARTINS BRAMBILLA, D.; BOGGIANO, P.** 2011. Servicios ecosistémicos de las praderas naturales: ¿Es posible mejorarlos con más productividad? Achivos Latinoamericanos de Producción Animal 19(3-4):27-34.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2000. Nutrient requirements of beef cattle: update 2000. 7a. ed. rev. Washington, DC.: National Academy Press, 232p.

OLMOS, F. 1992. Aportes para el manejo de campo natural. Efecto de la carga animal y el período de descanso en la producción y evolución de un campo natural de Caraguatá (Tacuarembó). INIA, Tacuarembó, Uruguay. Serie técinca Nº 20.

OLMOS, F.; FRANCO, J.; SOSA, M. 2005. Impacto de las prácticas de manejo en la productividad y diversidad de pasturas naturales En: Seminario de actualización técnica en manejo de campo natural. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Serie técnica 151. p 33-39.

ORCASBERO, R.; SOCA, P.; BERETTA, V.; TRUJILLO, A.I.; FRANCO, J.; APEZTEGUÍA, E.; BENTANCOUR, O. 1992. Características de la pastura y estado corporal del rodeo de cría en pastoreo de campo natural. En: Evaluación Física y Económica de Alternativas Tecnológicas en Predios Ganaderos. Estación Experimental M.A. Cassinoni. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. 56p.

ORCASBERRO, R.; SOCA, P.; BERETTA, V.; TRUJILLO, A. I. 1992. Estado corporal de

vacas Hereford y comportamiento reproductivo. In: Jornada de producción animal (Paysandú, 1992). Evaluación física y económica de alternativas tecnológicas en predios ganaderos, Estación Experimental Mario A. Cassinoni. Facultad de Agronomía. 32-36.

PIAGGIO, L. 1994. Pasture and animal traits associated with intake and selectivity of grazing steers on rangeland Tesis PhD. Porto Alegre, RS, Brazil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 438 p.

PITTROFF, W.; CARTWRIGHT, T.C.; KOTHMANN, M.M. 2002 Perspectives for livestock on grazinglands. Archivos Latinoamericanos Producción Animal 10 : 33-143.

PITROFF, W.; SOCA, P. 2006. Physiology and models of feeding behaviour and intake regulation in ruminants. In: Feeding in domestic vertebrates: from structure to behaviour pp. 278-301. CAB Publishing.

SAS. Institute. 2002. Version 9. Cary, NC, USA: SAS Institute, Inc.

SCARLATO, S. 2010. 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. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay. 71pp.

SCARLATO, S.; CARRIQUIRY, M.; DO CARMO, M.; FABER, A.; GENRO, C.; LACA, E.; SOCA, P. 2012. Foraging behavior of beef cows grazing native grassland: effect of herbage allowance on temporal and spatial grazing patterns. In: American Society of Animal Science Joint Annual Meeting, 2012, Phoenix, USA. J. Anim. Sci. Vol. 90, Suppl. 3. p. 502-503.

SHORT, R.E.; BELLOWS, R.A.; STAIGMILLER, R.B.; BERARDINELLI, J.G. ; CUSTER, E.E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrous and infertility in postpartum beef cattle. Journal of Animal Science 68:799-816.

SOARES, A.B. 2002. Efeito da alteraçao da oferta de materia seca de uma pastagem natural sobre a produçao animal e a dinâmica da vegetaçao. Thesis PhD. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

SOARES, A. B.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C.; FRIZZO, A.; PINTO, C.E.; JUNIOR, J.A.F.; SEMMELMANN C.; TRINDADE, J.D.A. 2003. Effect of changing herbage allowance on primary and secondary production of natural pasture. In: Allsopp, N., Palmer, A. R., Milton, S. J., Kerley, G. I. H., Kirkman, K. P., Hurt, R., Brown, C. J. [EDS.]. Proceedings of the 7th International Rangeland Congress; 26th July -1st August 2003; Durban, South Africa. Durban, South Africa. p. 966-968.

SOCA, P.; DO CARMO, M.; CLARAMUNT, M. 2007. Beef cows breed system on native sward without agricultural financial assistance: Research to sustainable calf production with low cost and easy instrumentation. Avances en Producción Animal 32: 3-26.

SOCA, P.; OLMOS, F.; BENTANCOR, D.; DO CARMO, M. 2009 Efeito da oferta de forragem e o tipo de solo sobre atributos da pastagem e dinamica de produçao de forragem. In: Anales 46 reuniao da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Maringá, PR, Brasil.

SOCA, P.; CARRIQUIRY, M.; DO CARMO, M. 2013. Forage allowance and cow genotype, tools to increase animal production in native pastures. In: Proceedings of 22 International Grassland Congress, Sidney, Australia.

SOLLENBERGER, L.E.; MOORE, J.E.; ALLEN, V.G.; PEDREIRA, C.G.S. 2005. Reporting forage allowance in grazing experiments. Crop Science 45:896-900.

STEEL, R.G.D.; J.H. TORRIE. 1992. Bioestadística: Principios y procedimientos. Mc. Graw Hill. México 461pp.

TRUJILLO, A.I.; ORCASBERRO, R.; BERETTA, V.; FRANCO, J.; BURGUEÑO, J. 1996. Performance of Hereford cows under conditions of varied forage availability during late gestation. 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. IAEA-TECDOC-877. s.p.

VIZCARRA, J.; IBAÑEZ, W.; ORCASBERRO, R. 1986. Repetibilidad y reproductibilidad de dos escalas para estimar la condición corporal de vacas Hereford. Investigaciones Agronómicas 7: 45-47.