SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN TÉCNICA: Cría Vacuna

Editoras: Graciela Quintans[1]

Antonia Scarsi[2]

[1]Ing. Arg. PhD. Programa Nacional de Carne y Lana -INIA Treinta y Tres.
[2]Ing. Agr. MSc. Programa Nacional de Carne y Lana- INIA Treinta y Tres.

Título: SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN TÉCNICA: Cría Vacuna

Editoras: Graciela Quintans
Antonia Scarsi

Serie Técnica N° 208

© 2013, INIA

Nota: las contribuciones realizadas son responsabilidad de sus autores.

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA
Andes 1365, Piso 12. Montevideo - Uruguay
http://www.inia.org.uy

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Esta publicación no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr., MSc., PhD. Álvaro Roel - Presidente

D.M.T.V., PhD. José Luis Repetto - Vicepresidente

MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA
REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY

D.M.V. Álvaro Bentancur

D.M.V., MSc. Pablo Zerbino

ASOCIACION RURAL DEL URUGUAY 1871

Federación Rural
CON EL CAMPO PARA EL URUGUAY

Ing. Agr. Joaquín Mangado

Ing. Agr. Pablo Gorriti

CAF

COMISION NACIONAL DE FOMENTO RURAL

CREA

CONTENIDO

Página

1. Cambio técnico en sistemas criadores de sierras del Este 1
Horacio Saravia, Raúl Gómez

2. Propuestas tecnológicas de intensificación de la cría vacuna 7
Juan M. Soares de Lima, Fabio Montossi

3. Diagnóstico de laboratorio de las principales enfermedades reproductivas de los bovinos en Uruguay 15
Fernando Dutra

4. Avances en herramientas de selección para la cría: peso adulto, características reproductivas e índices de selección 27
Mario Lema, Olga Ravagnolo, Juan M. Soares de Lima

5. Efecto de la intensidad de cosecha en la producción y estabilidad de pasturas sembradas 35
Daniel Formoso, Daniel Fernández Abella, Pablo Boggiano, Claudio Aquino, Alejandro Conde

6. Manejo de la cría vacuna en campos naturales de Basalto 47
Elbio J. Berretta

7. Polimorfismos (SNPS) asociados a eficiencia alimenticia en hembras Angus en crecimiento 63
Ana I. Trujillo, Alberto Casal, Francisco Peñagaricano, Mariana Carriquiry, Pablo Chilibroste

8. Suplementación preferencial del ternero: una alternativa para mejorar la productividad de la cría vacuna 77
Carolina Viñoles, Diana Guggeri, Juan M. Soares de Lima, Fabio Montossi

9. Servicio de vaquillonas en otoño: últimos avances de la investigación en Uruguay. 89
Graciela Quintans, José I. Velazco, Antonia Scarsi, Carlos López Mazz, Georgget Banchero

10. 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 97
Pablo Soca, Mariana Carriquiry, Martín Do Carmo, Santiago Scarlato, Ana L. Astessiano, Cristina Genro, Martín Claramunt, Ana C. Espasandín

11. Oferta de forraje del campo natural y resultado productivo de los sistemas de cría vacuna del Uruguay: II. Respuesta metabólica y potencial productivo del ternero 119
Mariana Carriquiry, Ana C. Espasandin, Ana L. Astessiano, Alberto Casal, Martín Claramunt, Martín Do Carmo, Verónica Gutierrez, Jimena Laporta, Ana Meikle, Raquel Perez-Clariget,Santiago Scarlato, Ana I. Trujillo, Carolina Viñoles, Pablo Soca

Página

12. Manejo nutricional antes del parto en vacas multíparas y primíparas: Enfoques de una nueva línea de investigación 135
Antonia Scarsi, Graciela Quintans

13. Suplementación de corta duración antes del parto en vacas multíparas 147
Antonia Scarsi, José Ignacio Velazco, Georgget Banchero, Graciela Quintans

14. Suplementación de corta duración antes del parto en vacas primíparas 161
Antonia Scarsi, José Ignacio Velazco, Georgget Banchero, Graciela Quintans

15. Alta y baja asignación de forraje antes del parto: efectos sobre variables productivas y reproductivas. Resultados preliminares 175
Carolina Briano, Antonia Scarsi, José I.Velazco, María Bakker , Georgget Banchero, Ana Meikle, Graciela Quintans

16. Efecto de una alta y baja disponibilidad de pasturas naturales antes y después del parto sobre el desempeño productivo y reproductivo de vacas multíparas 187
Graciela Quintans, Antonia Scarsi, José I. Velazco y Georgget Banchero

17. Destete temporario con tablilla nasal 14 días y suplementación durante el mismo período en vacas multíparas: resultados preliminares 197
Graciela Quintans, Antonia Scarsi, José I. Velazco, Carlos López Mazz, Georgget Banchero

18. Efecto del suministro de ración en comederos de autoconsumo en terneros destetados precozmente 207
Graciela Quintans, Joaquín Echeverría, Antonia Scarsi, Pablo Rovira

19. Destete en ganado de carne: como minimizar las consecuencias negativas para el ternero y para la vaca 219
Rodolfo Ungerfeld, María J. Hötzel, Graciela Quintans

20. Implementación de programas de IATF en rodeos de cría 229
Alejo Menchaca, Richard Núñez, Teresa de Castro, Camila García Pintos, Federico Cuadro

21. Nutritional Influences on Reproduction of Beef Cows 247
Robert P. Wettemann

PROLOGO

Debemos destacar el importante rol que cumple la cadena cárnica (bovina y ovina), tanto económico como social a nivel nacional, ya que es el sustento de miles de familias (base 47.000 establecimientos), donde la mayoría son productores criadores, pequeños a medianos (84,4% tiene menos de 500 ha). La ganadería se ha ubicado en las regiones de menor desarrollo económico y social del País. Esta cadena genera 80.000 empleos directos y es el principal rubro de exportación del Uruguay, donde se exporta entre el 70 y el 80% de lo que se produce a más de 100 mercados distribuidos por todo el mundo. Uruguay es el 7mo exportador mundial de carne bovina del mundo.

La ganadería bovina nacional ha enfrentado dos décadas de importantes cambios productivos, industriales y comerciales, donde este relevante sector de la economía nacional demostró un fuerte crecimiento e incremento en su eficiencia y competitividad. Teniendo en cuenta algunos ejemplos de este proceso de profunda transformación, podemos señalar las tendencias observadas en algunos componentes de la cadena productiva. En el sector primario, en el período comprendido entre 1974-1990, la producción fue de 700.000 toneladas estable, aunque con importantes oscilaciones anuales. Sin embrago, entre 1990-2010, el crecimiento fue sostenido, de las 700.000 a las 1.100.000 toneladas acompañado por un stock que se recuperó y creció, de 8,5 a 11,5 millones de cabezas, las vacas de cría aumentaron de 2,5 a 4,0 millones, y la producción de terneros pasó de 2,0 a 2,5 millones. Del punto de vista de eficiencia reproductiva, utilizando el parámetro PER (cantidad de terneros destetados/hembras en edad de servicio), se aumentó este índice del 40 al 47%, mientras que la relación vaquillonas de más de dos años/vaca de cría se redujo del 28 al 15%. Estos cambios estuvieron acompañados por una reducción del área de pastoreo de campo natural, de aproximadamente 15,6 a 14,1 millones de hectáreas y concomitantemente se aumentó el área mejorada, aproximadamente, de 1,6 a 2,2 millones de ha. Al menos se duplicó el uso de granos y/o sub-productos de la agricultura en la ganadería, llegando a superar el millón de toneladas. La productividad vacuna, creció de 40 a 80 kg de carne bovina/ha. La tasa de extracción, con oscilaciones, pasó del 13% al 20%.

Se destaca que Uruguay es el único país en el mundo que dispone de un sistema de trazabilidad obligatorio (individual) para bovinos, donde no se pueden utilizar hormonas (por Ley desde el año 1978) ni antibióticos en la crianza de los mismos, así como tampoco es permitido el uso de alimentos de origen animal para alimentar bovinos y ovinos (por Ley desde 1996), y debemos recordar también que somos un país libre de BSE, Scrapie y Maedi-Visna. Debemos agregar que, después del episodio del 2002, se ha logrado un éxito duradero en el control de la fiebre aftosa, pudiendo acceder (con excepción de Japón y Corea) a los mercados más exigentes, cumpliendo con la categoría de libre de aftosa sin vacunación.

De la información presentada previamente, es claro que la cadena cárnica nacional sufrió uno de los procesos de transformación y modernización más importantes de su historia, generando mayor crecimiento, eficiencia y competitividad. Por los coeficientes presentados, «*creemos que se rompió un paradigma: «La ganadería cambió, se transformó, creció y salió de su larga siesta de los últimos 20 años».*

En esta publicación se presenta un cúmulo muy relevante de información científica y tecnológica asociada a la cría bovina promovida por el INIA ya sea directamente o indirectamente a través del apoyo financiero que reciben otras organizaciones de investigación nacional vía el Fondo Promoción Tecnológica Agropecuaria (FPTA), así como información pro-

veniente de disertantes invitados. Esta información generada y que cubre una amplia gama de temáticas y disciplinas de la ciencia animal y vegetal, nos muestra que existen una serie de propuestas tecnológicas, que permiten mejorar la productividad e ingreso económico de los criadores del Uruguay.

De mantenerse el contexto de señales micro y macroeconómicas favorables y estables para la cría y para el complejo cárnico, en general, deberíamos esperar que ocurra el siguiente salto cualitativo y paradigmático de mejora de productividad y eficiencia de la cría nacional. En ello, la ciencia y la tecnología, están llamadas a jugar un rol fundamental en este proceso que no solo beneficiará los productores y su entorno sino que, se proyecta al resto de la Sociedad, dada la importancia socioeconómica que tiene la Cadena Cárnica para Uruguay. En ese sentido, en esta publicación, el INIA en alianza con otros actores claves pone a vuestra consideración esta información para el beneficio de productores, técnicos, investigadores, estudiantes y tomadores de decisión sectorial y nacional.

Ing. Agr. PhD. Fabio Montossi

Director Programa Nacional de Carne y Lana

INIA Uruguay

CAMBIO TÉCNICO EN SISTEMAS CRIADORES DE SIERRAS DEL ESTE*

Horacio Saravia[1]
Raúl Gómez[2]

RESUMEN

El objetivo general de este trabajo fue caracterizar variables socioeconómicas y actitudinales de productores ganaderos con sistemas de cría, ubicados en la región de Sierras del Este; los canales de comunicación empleados y el acceso a asistencia técnica, identificando grados variables de adopción de tecnología que permitan formular propuestas concretas de intervención, partiendo de la hipótesis que existe una brecha tecnológica importante en la ganadería de cría de la región. Como resultados del trabajo, se logró un pormenorizado inventario tecnológico priorizado y tipificado, información del grado de conocimiento y adopción de las principales tecnologías disponibles para la cría por los productores de la región y la importancia que le asignan en sus sistemas productivos, y una amplia información para caracterizar a los mismos en función de diversas variables.Se cuenta, además, con la visión de la problemática de la cría desde la perspectiva de las organizaciones de productores en el territorio (13 organizaciones entrevistadas) y de los actores políticos. Finalmente, se cuenta con el relevamiento del grado de predisposición y compromiso de estas organizaciones para participar de posibles planes de transferencia tecnológica específica, involucrando a actores regionales, considerando las limitantes y oportunidades relevadas en el territorio.

ABSTRACT

The main goal of this research was to characterize cow-calf operations located in the region of Sierras del Este. The work placed particular attention in the socioeconomic and attitudinal attributes of producers, spotting the communication channels used by them and their access to technical assistance. Assuming that there exists an important technological gap in livestock production in this region, it should be possible formulating specific intervention proposals by identifying the different levels of technology adoption.
Several outcomes were obtained and presented in this study: 1) a detailed characterized and prioritized technological inventory for livestock production in the region of interest; 2) information about knowledge and adoption rates of major technologies available to producers, as well as the significance placed by them on this set of technologies in their production systems; 3) a broad set of information allowing the characterization of cow-calf operations in accordance to different variables of interest; 4) the vision of producers' organizations and political actors about the problems faced by cow-calf and sheep-lamb operations located in this region. In addition, this research brought insight about the degree of willingness and commitment shown by these organizations in taking part of specific technology-transfer actions involving regional agents and considering the limitations and opportunities summarized in the region.

*Los resultados completos de este trabajo se encuentran publicados en la Serie Técnica N° 207.

[1]Ing Agr., Msc. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología, INIA Treinta y Tres.
[2]Ing. Agr. Mag. Coordinador de la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA.

INTRODUCCIÓN

El trabajo fue conducido entre 2007 y 2011 y el objetivo general del mismo consistió en: «Caracterizar variables socio-económicas y actitudinales de productores ganaderos con sistemas de cría, ubicados en la región de Sierras del Este; los canales de comunicación empleados y el acceso a asistencia técnica, identificando grados variables de adopción de tecnología que permitan formular propuestas concretas de intervención».

Se parte de la hipótesis que existe una brecha tecnológica importante en la ganadería de cría de la región. Las causas que han impedido efectuar propuestas concretas de mejoras a esta situación han sido: el conocimiento incompleto de cuáles son las actitudes y comportamientos de los productores hacia lo tecnológico; los medios y canales que usan para informarse, según sus características socioeconómicas y actitudinales y el conocimiento incompleto de cómo funciona el proceso de toma de decisiones a nivel predial.

A través de este proyecto se buscó generar información que sirviera como soporte para plantear eventuales planes de transferencia, basados en una mejor comprensión sobre la incidencia de estos factores en la adopción tecnológica.

La zona de Sierras del Este ocupa aproximadamente 1.830.000 ha, en la cuenca de la Laguna Merín , estando conformada por parte de los departamentos de Maldonado, Rocha, Lavalleja, Treinta y Tres y Cerro Largo (Saravia, H. 2007) (Figura 1).

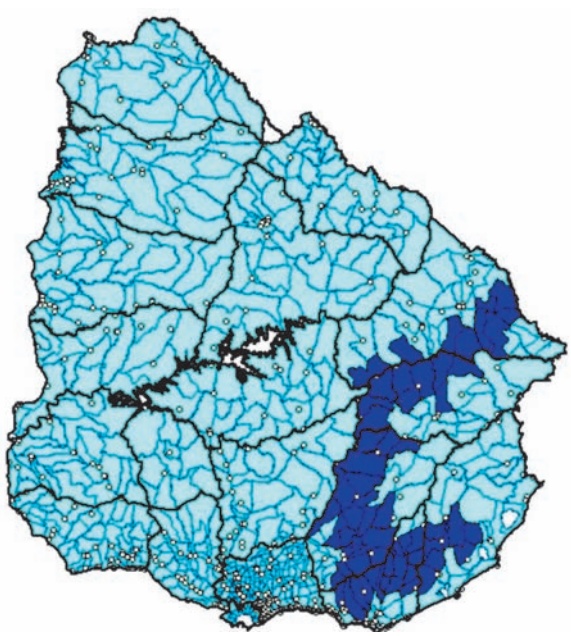


Figura 1. Áreas de enumeración censales consideradas como zona de Sierras del Este.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo básicamente se puede agrupar en dos grandes áreas:

1. Oferta tecnológica existente en el país para el sector criador

2. El análisis de la incorporación tecnológica de los productores criadores de Sierras del Este desde su propio punto de vista, desde la visión que tienen las organizaciones que los nuclean, los actores políticos regionales y un grupo calificado de técnicos con vasta experiencia en la cría.

Para recabar información en cada una de las dos áreas, se utilizaron diferentes herramientas. Entre ellas se destacan encuestas cara a cara, grupos foco y entrevistas semiestructuradas.

1. Oferta tecnológica

Uno de los objetivos del estudio fue explicitar en forma conjunta con las figuras vinculadas a la cría las alternativas tecnológicas disponibles en el país.

Para esto se identificaron las instituciones y técnicos a consultar, tratando de ser lo más exhaustivo posible, recabando la opinión de 23 técnicos.

Mediante esta consulta se logró:

- Armar un listado exhaustivo de la oferta tecnológica disponible en el país para la cría vacuna y/u ovina (independientemente de donde se generó y de si fue adoptada o no).
- La caracterización de cada una de las tecnologías en base a una serie de atributos
- Definir el núcleo central de esas tecnologías, destacando el 20% con las que se lograría el mayor impacto.

2. Caracterización

El objetivo de caracterizar las variables socio-económicas y actitudinales y su relación con el comportamiento hacia lo tecnológico se abordó mediante una encuesta cara a cara a 300 productores de la zona de sierras.

Sobre el total de productores de la región que realizaron la declaración jurada de DICOSE de 2008, 3396 eran predios mayores a 50 hectáreas y con más de 20 vacas propias. Este último constituyó el marco muestral de la encuesta, asumiendo que quienes están por debajo de esa escala tienen otro tipo de problemas que relativizan mucho el aporte que se pueda hacer desde lo tecnológico. Se realizó un muestreo aleatorio estratificado por tamaño y ubicación geográfica.

Se utilizó un cuestionario estructurado, con una precodificación preliminar, que fue testeado y ajustado, incorporando cambios que mejoraran la formulación de algunas preguntas.

Los datos se procesaron mediante el programa estadístico SPSS 19.0. Los resultados se analizaron mediante diversas técnicas estadísticas evaluando frecuencias, tipos de distribución y asociaciones entre variables.

Para los análisis multivariados de los datos, orientados a la segmentación, se utilizó el módulo CHAID de SPSS.

Este relevamiento cuantitativo se complementó con la realización de tres grupos foco, dos de ellos con productores y el tercero con técnicos.

3. Los problemas de los ganaderos criadores desde la óptica de actores políticos y organizaciones de productores de la región

El relevamiento de estas opiniones se hizo a través de entrevistas a directivos y técnicos de organizaciones de productores (13 organizaciones) en los cinco departamentos que comprende la zona de Sierras del Este y a actores políticos regionales (Directores de los Consejos Agropecuarios Departamentales de la región Este, Directores de Desarrollo de las Intendencias y Comisiones de Ganadería o similares de las Juntas Departamentales).

Se trató de que participaran en las mismas al menos dos directivos, de forma de tener un mejor reflejo del pensamiento de la organización.

Se usaron entrevistas estructuradas en base a preguntas que tocaban, entre otros, los siguientes temas:

- Características de la organización (número de socios, servicios que brinda, asistencia técnica)
- La percepción sobre los problemas que tienen los productores criadores vinculados a la misma
- Grado de adopción de un listado de 17 tecnologías y su visión acerca de la tendencia de la adopción tecnológica de esos productores
- Canales de comunicación que usa la organización con sus socios y allegados
- Interés en participar de algún tipo de plan de transferencia de tecnología que involucre a otros actores (IPA, INIA, SUL, Intendencias, MGAP, etc.).

RESULTADOS

1.Oferta tecnológica

Una vez recabada la información de los grupos técnicos de referencia en el tema cría, se llevó a cabo un trabajo de consolidación del listado de las tecnologías surgidas, de modo de uniformizar las diferentes maneras de mencionar a cada una de ellas.

Como forma de priorizar aquellas tecnologías consideradas de mayor impacto se calculó un índice de priorización, que contempla el número de veces que la misma fue mencionada por los técnicos y el grado otorgado en la escala de aporte (de 1 a 10). Es decir, no sólo el puntaje otorgado en sí mismo, sino también la «frecuencia de mención» en el total de técnicos consultados.

En vacunos, las 15 tecnologías de mayor aporte, en orden descendente, son:

1 Destete precoz
2 Manejo de la condición corporal
3 Diagnóstico de gestación y manejo diferencial
4 Revisación de toros - aptitud reproductiva
5 Destete temporario
6 Cruzamientos
7 Fecha de destete en otoño
8 Adecuación de la época de entore
9 Manejo de la recría - alimentación preferencial
10 Enfermedades reproductivas
11 Uso de EPD
12 Manejo sanitario diferencial por categoría
13 Inseminación artificial vaquillonas y vacas
14 Edad de entore a los 2 años
15 Categorización para el entore

Se procedió de igual manera en el caso de tecnologías de aplicación en ovinos.

Luego de ver uno a uno los atributos de las tecnologías y cómo éstas ocupaban diferentes posiciones en el ranking de acuerdo a la característica considerada, se realizaron análisis considerando los atributos de a dos (ej.: aporte vs dificultad).

2. Encuesta

2.1 Características de los productores

La encuesta a productores mostró que más de la tercera parte de la población (37,6%) tiene más de 60 años de edad y 87% de ellos son productores desde hace más de diez años.

El nivel de educación formal de los productores encuestados se divide prácticamente en tercios: uno de ellos con niveles de educación primaria (completa + incompleta), otro con educación universitaria (completa + incompleta) y el restante con niveles de educación media (secundaria + UTU).

El 14,4% de los criadores permanecen en el predio sólo un día por semana o menos, cerca del 30% de los productores pasa menos de la mitad de su tiempo en el predio. Mientras tanto, quienes viven en el predio en forma permanente son el 41,5%.

En lo que refiere al uso del suelo, el 86% del área se maneja como campo natural y el área promedio mejorada es de 10,3% (mejoramientos en cobertura, praderas, verdeos), lo que marca una relativamente débil incorporación de tecnologías vinculadas a la promoción de pasturas. Apenas un 7,4% de los establecimientos tienen más de la tercera parte del área promovida.

La cuarta parte de los productores (24,7%) son altamente dependientes del trabajo extrapredial; para ellos los ingresos generados fuera del predio son más importantes en la economía familiar que los derivados de la explotación pecuaria. El rubro vacuno es mencionado por casi el 75% de los productores como el principal ingreso de la familia; en tanto solo el 1,3% de los productores menciona como principal ingreso el rubro ovino, lo que ratifica la pérdida de importancia relativa del mismo en los sistemas productivos ganaderos de la región.

La percepción que tienen estos productores respecto al tema de sucesión generacional indica que 19,8% de quienes tienen hijos creen que ningún hijo se hará cargo del establecimiento cuando ellos se retiren. Esto junto al perfil etario de la población en estudio está indicando un problema de sustitución generacional.

La integración social que presentan es aparentemente débil. Los resultados muestran que 74,9% de ellos no pertenecen a ningún grupo de productores o institución y 93% no participa en ningún tipo de comisión (de escuelas, de vecinos, policlínicas, etc.).

Por otro lado, 41,5% de los productores nunca recibieron asistencia técnica y quienes la reciben en forma relativamente periódica (al menos una vez cada tres meses) son el 29,5%. Los productores que manifiestan no haber asistido desde hace más de dos años a jornadas técnicas de distinto tipo (días de campo, seminarios, conferencias, etc.) son el 62,8%.

Las tres modalidades de consulta mayoritarias mencionadas como apoyo a la toma de decisiones fueron: otros productores (25%), radio (15%) y técnicos (11%). Por su parte, el 28,7% de los productores dice gestionar su predio a intuición, basándose en la propia experiencia, sin hacer ningún tipo de consultas.

2.2 Disponibilidad de servicios e infraestructura

En referencia a disponibilidad de servicios e infraestructura, los dos puntos que aparecen como más débiles son: el pobre empotreramiento general de los predios (el 44% de los productores tiene 5 potreros fijos o menos), que en principio condicionaría un manejo ordenado y racional del rodeo, en función de la exigencias diferenciales de las categorías que lo componen, y el mal estado de la caminería, este último de acuerdo a la propia evaluación de los productores.

2.3 Adopción de tecnología

Con referencia a la adopción de tecnologías para vacunos, y sobre una lista presentada de 17 tecnologías disponibles, el 99,3% de los productores encuestados manifestó haber oído hablar de ellas.

En base a estas respuestas se puede deducir que el conocimiento de la existencia y puesta en práctica de las tecnologías no parecería ser una limitante entre los productores de esta región, por lo que se puede inferir que los mecanismos de difusión y transferencia de tecnología han resultado efectivos.

El empleo del análisis CHAID permitió detectar en forma estadísticamente significativa que dentro del grupo de ganaderos criadores de la región existen segmentos con proclividad diferencial a la incorporación tecnológica como estrategia, y que la pertenencia a los distintos segmentos puede ser predicha básicamente por cinco variables:

- la escala del negocio (tamaño del rodeo vacuno)
- una adecuada disponibilidad de instalaciones, que en cierta manera definen el interés del productor por invertir en infraestructura para facilitar el manejo
- la asistencia a reuniones técnicas, demostrando la motivación por mantenerse informado y actualizar conceptos de manejo
- la percepción de que el negocio en ganadería pasa por producir más, con una visión más productivista que especuladora
- el hecho de poseer asistencia técnica, lo que implica una valoración por el asesoramiento profesional.

3. Grupos foco

3.1 Productores

Los testimonios fueron coincidentes en destacar que existe un menú tecnológico que, correctamente jerarquizado y ordenado, permite obtener buenos resultados productivos y consistentes en el tiempo, sin necesidad de incurrir en inversiones importantes. Entre los criterios de manejo mencionados se destacan: adecuar la dotación, concentrar el entore y destetar los terneros temprano en el otoño. Entre los productores que participaron de los «grupo foco» aquellos que integran grupos de productores dicen contar con ventajas, no sólo por disponer de información sino además por tener posibilidades de interactuar con sus pares y evaluar experiencias en otros predios En lo relativo a accesibilidad de información existe consenso en que se trata de un tema de interés personal, y quien actualmente procura información técnica tiene suficiente disponibilidad de fuentes. De todas formas, se insiste en que se requiere mayor número de actividades de difusión prácticas y de tecnología ajustada a la realidad de los campos de la región.

3.2 Técnicos

Existe acuerdo entre los técnicos que participaron de la reunión del «grupo foco» en que la oferta de propuestas técnicas no es actualmente una limitante. Por su parte, se concuerda en que se necesita de una integración de técnicas para poder tener efectos positivos de su aplicación. Entre ellas destacaron las técnicas de proceso, que no requieren una alta inversión y resultan de alto impacto en predios ganaderos: revisación de

toros, época de entore, destete temporario, fecha de destete, cuidados de la recría, suplementación estratégica.

4. Entrevista a organizaciones

4.1 La percepción del grado de adopción tecnológica y tendencia de la misma

Considerando las 17 tecnologías relacionadas a la cría que se manejaron en la entrevista (las mismas que se emplearon en la encuesta a los productores), cinco de las 13 organizaciones tienen la percepción de que existe un grado de adopción un poco menor que el resultante de la encuesta, cuatro de las 13 organizaciones piensan que es menor y tres mucho menor.

En cuanto a cómo se ve la tendencia en la adopción de tecnología, prácticamente de forma unánime los entrevistados manifestaron que está en aumento (en mayor o menor grado).

CONSIDERACIONES FINALES

Como resultado de esta investigación, se cuenta con un pormenorizado inventario tecnológico priorizado y tipificado. También se logró una detallada caracterización socioeconómica de los productores ganaderos de la región, la disponibilidad de servicios y las fuentes de información consultadas habitualmente. Se obtuvo además información del grado de conocimiento y adopción de las principales tecnologías disponibles para la cría por parte de los productores de esa región y la caracterización de los mismos en función de su propensión a la innovación tecnológica.

Se cuenta con la visión de la problemática de la cría en la región desde la perspectiva de técnicos que trabajan en la región y de los propios productores (a través del estudio de grupos focales) y de las organizaciones de productores en el territorio (mediante entrevistas a sus directivos) y de los actores políticos. De estos últimos también se relevó su opinión sobre posibles soluciones para los componentes de esa problemática.

Finalmente, se cuenta con el relevamiento del grado de predisposición y compromiso de estas organizaciones para participar de posibles planes de transferencia tecnológica específica, involucrando a actores regionales, considerando las limitantes y oportunidades relevadas en el territorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRONBACH, L. J. 1951. Psychometrika 16(3) p.297-334.

EQUIPOS MORI; INIA (URUGUAY). 2003. Encuesta de actitudes y comportamientos tecnológicos de los ganaderos uruguayos. Montevideo: INIA. 108 p. (Serie FPTA; 9).

ESCOBAR, M. 1998. [En línea]. Las aplicaciones del análisis de segmentación: el procedimiento Chaid. EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales, 1:13-49. Consultado 5 jul 2013. Disponible en: http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=199619&orden=0

MONDELLIi, M.; PICASSO V. 2001. Trayectorias tecnológicas en la ganadería uruguaya: un enfoque evolucionista. Tesis Ing. Agr. Montevideo: Facultad de Agronomía. 250 p.

SARAVIA, H. 2007. [En línea]. Datos del Censo General Agropecuario 2000. Agrupamiento por zonas topográficas de la cuenca de la Laguna Merín. Consultado 5 jul 2013. Disponible en: http://www.inia.org.uy/estaciones/ttres/censo/introduccion.htm

URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS AGROPECUARIAS. 2003. La Ganadería en Uruguay: contribución a su conocimiento. Montevideo: DIEA. 87 p.

URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS AGROPECUARIAS. 2004. [En línea]. Censo General Agropecuario de 2000. Dirección de Censos y Encuestas. Montevideo: DIEA/DNE. Consultado 5 jul 2013.Disponible en: http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,27,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU

PROPUESTAS TECNOLÓGICAS DE INTENSIFICACIÓN DE LA CRÍA VACUNA

Juan M. Soares de Lima[1]
Fabio Montossi[2]

INTRODUCCIÓN

La producción primaria en nuestro país y la región ha experimentado cambios muy significativos en los últimos años. La ganadería vacuna no es una excepción, y hoy el país se encuentra muy bien posicionado en el mercado internacional, con más de 100 mercados abiertos y precios similares e incluso superiores a los de países con larga experiencia en mercados destino y que lideran los mercados de exportación, como son los casos de EE.UU., Australia y Brasil.

Estas condiciones externas favorables han tenido su repercusión positiva en el mercado interno, donde se verifican precios por el producto final (novillos y vacas gordas) que no se han visto en el pasado reciente, pero que además son acompañados por precios de la reposición que han subido aún más relativamente que la hacienda para faena. En efecto, los precios del ternero, pero en particular la relación precio ternero/novillo o ternero/vaca gorda, han alcanzado valores y relaciones históricas en nuestro país a favor del ternero, lo cual permite mirar con una nueva óptica al sector criador que tradicionalmente ha sido de baja rentabilidad en relación a otros negocios como la invernada.

En este artículo, mediante el uso de la modelación y simulación se pretende:

a) aportar información objetiva de cómo las nuevas relaciones de precios han determinado una significativa mejora en la competitividad de la cría vacuna,

b) exponer alternativas tecnológicas existentes que pueden utilizase en capitalizar este escenario favorable para la cría con el objetivo de incrementar la productividad y el ingreso económico de estos sistemas,

c) establecer algunas hipótesis acerca de las razones que explican el relativo estancamiento de los indicadores reproductivos en el país y,

d) realizar algún análisis de los resultados comparativos de la cría con el ciclo completo, en la situación actual y en la ganadería pasada.

EL ESCENARIO DE PRECIOS

Se presentan resultados obtenidos utilizando precios de un primer período que transcurre entre octubre de 2005 y diciembre de 2010. Este período manifiesta una tendencia de precios creciente hasta el 2008, para verificar una fuerte caída con la crisis que repercute negativamente en toda la economía mundial, donde Uruguay y la ganadería en particular, no fueron las excepciones (Figura 1). La recuperación de esta crisis se produce rápidamente, con un aumento consistente de los precios hasta enero 2011.

A partir de esta fecha y como representativo de la ganadería «actual» se inicia un segundo período de análisis, definido por una estabilización en la tendencia de precios observada, manteniendo una relación favorable del ternero frente a los precios de la hacienda para faena. En el Cuadro 1, se presentan los valores de las diferentes categorías para los dos períodos descriptos.

En este último período (Ene-2011/Jun-2013), se destaca la permanencia de relaciones favorables y superiores a 1,4 para la categoría terneros frente a la vaca gorda. INIA ha demostrado en varias oportunidades que este es un factor clave (valores superiores a 1,3 o 1,4) en el proceso de toma de decisiones de los criadores para establecer estra-

[1]Ing. Agr., PhD. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA Tacuarembó.
[2]Ing. Agr., PhD. Director del Programa Nacional de Carne y Lana.

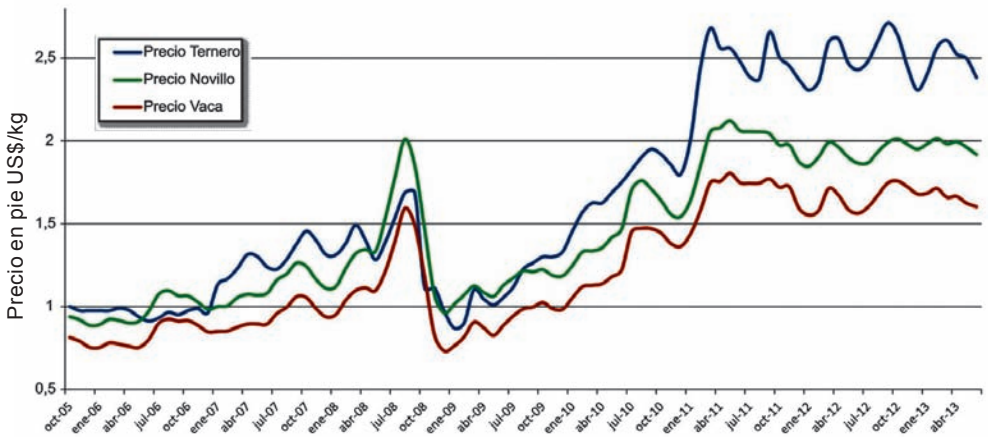


Figura 1. Evolución de precios del ternero y de novillos y vacas gordas (período octubre 2005 – junio 2013).

Cuadro 1. Valores de mercado de las diferentes categorías vacunas para las dos series de precios consideradas (US$/kg en pie)

Categoría	Oct-2005 Dic-2010	Ene-2011 Jun-2013
Ternero	1,28	2,49
Ternera	0,98	2,07
Novillo gordo	1,22	1,96
Vaca gorda	1,01	1,67
Vaquillona gorda	1,09	1,83
Vaca de invernada	0,84	1,53
Relaciones de precios		
Relación Ternero/Novillo	1,05	1,27
Relación Ternero/Vaca Gorda	1,26	1,49

Fuente: elaborado en base a datos de la Asociación de Consignatarios de Ganado.

tegias que estén orientadas a una mayor producción de terneros en contraposición a la venta de vacas de invernar y particularmente las gordas (Soares de Lima, 2009b; Montossi y Soares de Lima, 2011).

METODOLOGÍA

Se utiliza un modelo de simulación bieconómico, el cual opera a nivel de energía metabolizable y posibilita la simulación de las fases de cría, recría y engorde vacunos en forma independiente, o como procesos integrados dentro de un mismo sistema de producción.

En función de coeficientes técnicos ingresados y características de la pastura, el modelo simula procesos a nivel individual (consumo, cambio de peso vivo), los cuales se integran a nivel del rodeo generando una evolución en el número y peso de las categorías, en forma mensual. De esta forma se genera un volumen de ventas, constituido por hembras excedentes del rodeo cría, terneros o novillos y vacas de invernada o gordas para faena, productos que son valorizados a precios de mercado y determinan el ingreso económico del sistema (Soares de Lima, 2009a).

Los sistemas analizados

A continuación se analizan tres sistemas de cría con un grado creciente de intensificación, a saber:

a) Sistema extensivo de cría (EXT), definido como un sistema sobre campo natural exclusivamente con venta de terneros machos y hembras excedentes así como de vacas de invernada. Entore con 2 años y destete del 71%.

b) Sistema mejorado (MEJ) con un 12% de mejoramientos extensivos, venta de terneros/as y vacas gordas, entore de 2 años y destete del 74%.

c) Sistema intensivo de cría (INT), que incorpora un 14% de praderas de alta producción, suplementación estructural y entore de las vaquillonas con 15 meses de edad. Se comercializan los mismos productos que en el sistema anterior y el destete logrado es del 79%.

Los resultados económicos generados para los tres sistemas simulados son expresados como margen neto (US$/ha) y se presentan en la Figura 2. Se debe mencionar que se considera un sistema con propiedad de la tierra por lo cual no se incluye el valor de la renta.

En términos generales (base Figura 2), se destaca que:

a) Independientemente del sistema productivo considerado, los precios favorables del período 2011-2013 con respecto al periodo 2005-2010, demuestran el gran cambio operado en el ingreso ganadero de los criadores, para todos los sistemas planteados.

b) El ingreso económico se incrementa a medida que se intensifica el sistema de producción. En términos relativos y utilizando como base al sistema EXT, los incrementos son del orden del 39 y 89% vs. 27 y 42% para los sistemas MEJ e INT respectivamente, cuando se compara el período 2005-2010 con el periodo 2011-2013.

c) El impacto económico del engorde de vacas (MEJ vs. EXT) es relativamente menor a partir del 2011, donde las relaciones de precios favorecen mucho al ternero (Cuadro 1). En efecto, el engorde de vacas reduce área disponible para las vacas de cría, por lo cual se producen menos terneros. En períodos de altos precios relativos del ternero frente a la vaca como los actuales, la inclusión del engorde de vacas -si bien tiene un efecto positivo en el ingreso del productor criador- no se manifiesta tan marcado como en escenarios de altos precios de la vaca gorda.

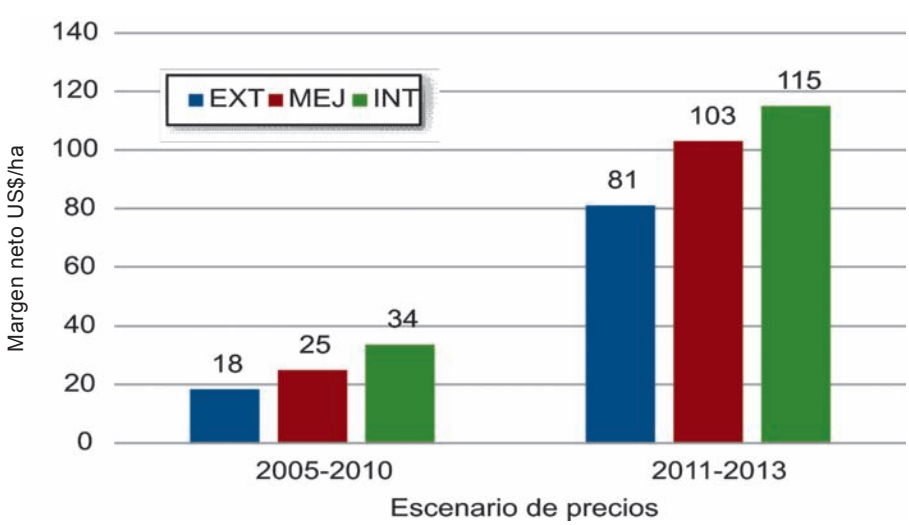


Figura 2. Margen neto de los tres sistemas simulados considerando dos períodos de precios contrastantes.

d) La intensificación asociada al entore de 15 meses, si bien eleva notoriamente los costos de alimentación del ganado, determina un incremento sustancial en la eficiencia del sistema al eliminarse una categoría improductiva (vaquillonas de 1-2 años), donde se pueden tener más vacas y por ende más terneros en la misma área.

Además de analizar el ingreso de los sistemas, resulta interesante estimar cuál es el costo de producción de un ternero en cada uno de estos sistemas. Para ello se asume que el valor de venta de las vacas de descarte representa el recupero o valor residual de la máquina de producción que es el rodeo de cría. De esta forma, a los costos totales que incluyen los que se incurren para la producción de terneros y para el engorde de vacas (si corresponde), se descuenta el valor de venta de las vacas de descarte del rodeo de cría. También se considera un valor de renta de la tierra de 80 US$/ha. Se comparan cuatro sistemas intentando cubrir todo el espectro de situaciones existentes en la cría vacuna, a saber: EXT_3A) Sistema de cría extensivo sobre CN, con entore de las vaquillonas por primera vez a los 3 años, retención de vaquillonas y vacas de 2da cría que fallan, venta de terneros, terneras excedentes y vacas de invernada; EXT_2A) Sistema de cría extensivo sobre CN, con entore de las vaquillonas a los 2 años, venta de terneros, terneras excedentes y vacas de invernada; MEJ_2A) Sistema de cría sobre CN y mejoramientos de campo, con entore de las vaquillonas a los 2 años, venta de terneros, terneras excedentes y vacas gordas; INT_15M) Sistema de cría sobre CN y praderas de alta productividad con suplementación, entore de las vaquillonas a los 15 meses, venta de terneros, terneras excedentes y vacas gordas. En la Figura 3 se presentan los valores estimados.

El costo de producción de un ternero en un sistema extensivo a los precios actuales es de 2,33 US$/kg. A medida que se intensifica el sistema de producción, éste se reduce al haber una dilución de costos en un mayor volumen de producción.

El sistema de cría que utiliza mejoramientos de campo, permite incrementar la producción de terneros y vacas sensiblemente por encima de las opciones de campo natural, sin elevar demasiado los costos por lo cual el costo/kg de producto es el menor de las opciones analizadas.

Las relaciones de precios y su efecto en el negocio

Un efecto interesante para visualizar cómo las nuevas relaciones de precios pueden cambiar los enfoques del negocio ganadero, puede observarse en el Cuadro 2. En éste se presenta la variación del resultado productivo y económico del sistema mejorado ya descrito (MEJ) de acuerdo a cambios simulados en la tasa de preñez en los diferentes escenarios de precios.

A las relaciones de precios del período 2005-2010, una mayor tasa de destete de-

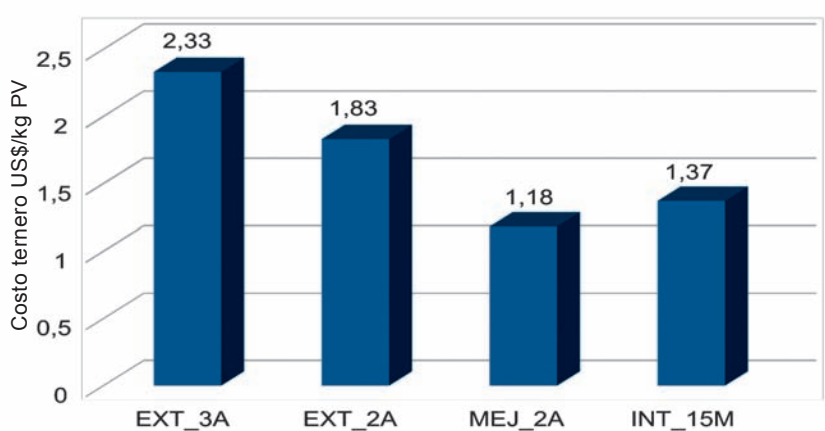


Figura 3. Costos de producción del ternero para 4 sistemas de producción contrastantes.

Cuadro 2. Margen neto (US$/ha) para dos tasas de destete y dos escenarios de precios.

	2005-2010	2011-2013
70% Destete	44	101
85% Destete	43	108

terminaba una reducción de vacas para engorde, producto de alto valor relativo del ternero, por lo cual, el margen neto se mantiene o reduce levemente. En las situaciones recientes, el alto valor del ternero respecto a la vaca gorda (ver Cuadro 1), establece la conveniencia económica de incrementar el porcentaje de procreo y destete.

En este sentido, hay otras variables que operan determinando la conveniencia económica de incrementar el destete como vía de incremento del ingreso económico. Una de las principales es el grado de intensificación del sistema, variable que determina fuertemente la velocidad y eficiencia con la cual se da el proceso de engorde de vacas de descarte y en consecuencia determina la mayor o menor conveniencia biológica y económica de que una vaca de cría sea diagnosticada como preñada o como vacía. En otras palabras, una vaca preñada va a destetar un ternero un año más tarde, mientras que una vaca fallada va a ser vendida como gorda en un plazo que será variable precisamente en función de esta intensificación del sistema. En un escenario de alta intensificación, la invernada corta y un entore temprano de la hembra que sustituye a la vaca que fue invernada, puede plantear una opción más rentable que la de producción de un ternero al año siguiente. Siguiendo este hilo de razonamiento, surge la interrogante respecto a qué relaciones de precios determinan la conveniencia de la mejora en los indicadores reproductivos. En la Figura 4, se presentan tres sistemas de cría con diferente grado de intensificación, dos porcentajes de destete y 5 relaciones de precios (precio ternero/precio vaca gorda), las cuales se ubican un 10 y 20% por encima y por debajo de la relación de precios actual (1,48). Los sistemas son similares a los presentados en la Figura 2, pero en este caso en el sistema extensivo también se engordan las vacas sobre campo natural.

Del análisis de la figura se destaca:

1) A iguales relaciones de precios, la intensificación en la cría genera mayores ingresos.
2) Excepto para el caso de la cría intensiva, una mayor tasa de destete determina un mayor beneficio económico.
3) En sistemas de cría intensivos, relaciones de precios que favorecen a la vaca gorda (como las que han existido hasta hace unos años) pueden determinar una reducción del ingreso asociada a una mayor preñez al reducirse la cantidad de vacas de descarte para invernar.

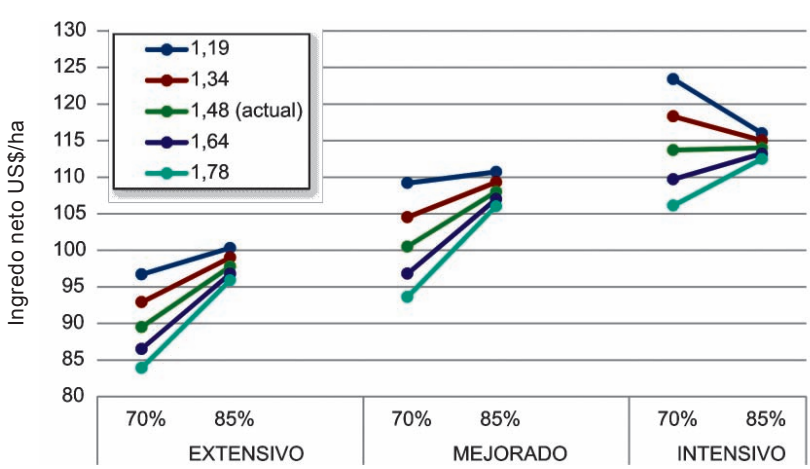


Figura 4. Margen neto de tres sistemas de cría en función de la tasa de destete y las relaciones de precios ternero/vaca gorda.

Otras alternativas de intensificación más allá de las aplicables directamente en el sistema de cría, apuntan a valorizar el ternero incorporándole kilos durante el invierno y evitando la venta en época de zafra (otoño-invierno). Para ello hoy existen nuevas alternativas para cumplir con este objetivo con menor costo relativo y uso más eficiente de la mano de obra. Ejemplo de ello son los sistemas de autoconsumo (Rovira y Velazco, 2012) y suplementación infrecuente (Luzardo *et al.,* 2012) propuesto por INIA. También existen otras propuestas más intensiva en el uso de la mano de obra y en los costos relativos con el encierre total de terneros durante el invierno (Simeone y Berreta, 2012) sobre campo natural o en sistemas intensivos de invernada (Soares de Lima *et al.,* 2012), los que presentan la ventaja de liberar área de pastoreo para otras categorías, evitando así tener que reducir el sistema de cría o la invernada de novillos, respectivamente. Estrategias como éstas resultaban impensables de ser aplicadas en sistemas comerciales en el pasado, debido a las dificultades técnicas de su instrumentación como por la existencia de valores por kg de producto que no tenían un retorno justificable frente a la inversión necesaria para llevarlas adelante. En el Cuadro 3, se presentan los resultados económicos de una recría a corral, considerando las dos series de precios. Los parámetros físicos están extraídos de dos años de resultados de la UPIC (Simeone y Berreta, 2012), donde se obtuvieron ganancias de 1,535 kg/día con un consumo de ración de 7,4 kg/animal/día durante 80 días de encierro.

Se debe tener en cuenta que es una alternativa muy dependiente de las relaciones de precios (ternero/suplemento) y donde es clave evitar que los terneros cambien de categoría y se comercialicen como novillos de 1-2 años, a precios sensiblemente inferiores. Tal como está planteado, esta estrategia puede redundar en un incremento de 6 US$/ha en el margen neto logrado en los sistemas presentados en la Figura 2.

La cría *vs.* ciclo completo

Es usual realizar comparaciones respecto al resultado económico que generan estas dos orientaciones productivas. En lo que respecta al resultado biológico, es lógico esperar una superioridad del ciclo completo, en la medida que incluye procesos de mayor eficiencia (recría y engorde) con respecto a la cría. También es una realidad que un proceso de engorde optimizado determine un mayor uso de insumos, lo cual los convierte en sistemas menos estables y más dependientes de las relaciones de precios de insumos y productos en el mercado.

La primera dificultad que surge al analizar estos dos sistemas es definir las características que debieran tener cada uno para ser «comparables». No parece realista igualar el nivel de uso de insumos en lo que respecta al área mejorada y la utilización de suplementos de un sistema de ciclo completo con el de cría, por lo cual se define un grado de intensificación diferente para cada uno, pero acorde a los requerimientos y objetivos de cada orientación productiva. En el entendido que se intenta comparar la cría como un sistema de producción de terneros contra un sistema de producción de novillos, se restringe el sistema de cría a la venta de terneros machos y hembras excedentes, por lo cual las vacas de refugo se venden como vacas de invernada, como producto de descarte del sistema.

De esta manera quedan definidos los dos sistemas correspondientes a las orientacio-

Cuadro 3. Margen bruto de recría a corral con dos escenarios de precios

	2005-2010	2011-2013
Precio ternero inicio (US$/kg)	1,28	2,49
Precio ternero final (US$/kg)	1,10	2,14
Precio ración (US$/kg)	0,25	0,30
Margen (US$/ ternero)	**-38**	**36**

Cuadro 4. Caracterización del sistema de cría y del sistema de ciclo completo

	Cría	Ciclo Completo
Área total (ha)	1000	1000
Vacas de cría	596	398
Área mejorada	4% (Lotus Rincón)	16% (Lotus Maku o similar)
Suplementación	Terneras cola 1er invierno	Machos 1er y 2do invierno
Edad de 1er entore	2 años	2 años
Destete	78%	78%
Ventas	Terneros machos, terneras hembras excedentes, vacas de invernada	Novillos gordos, terneras excedentes, vacas gordas.

nes cría (CRIA) y ciclo completo (CC) de la siguiente forma (Cuadro 4).

Estos sistemas generan una productividad de 95 y 128 kg PV/ha en la CRIA y el CC, respectivamente. El resultado económico obtenido se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Margen neto (US$/ha) para las dos orientaciones productivas y los dos escenarios de precios

	2005-2010	2011-2013
CRIA	22	100
CC	47	114

Como se observa en dicho cuadro, cuando en el período pasado se duplicaba el ingreso en el CC frente a la CRIA, la brecha económica actual es muy estrecha entre ambos sistemas.

Así definidos los sistemas desde el punto de vista productivo, se plantea el desafío de analizar qué escenario de precios debería darse para que se equipare el ingreso neto de un sistema de cría con el de ciclo completo. Para ello, se generan diferentes situaciones de precios, donde se mantiene el precio promedio entre el ternero y el novillo, pero se incrementa el precio del ternero y se reduce el del novillo de manera de generar relaciones crecientes entre estos dos valores. Los precios de las otras categorías (ternera, vaca gorda, vaca de invernada) se establecen en base a relaciones porcentuales respecto al ternero y el novillo. En la Figura 5, se presentan las curvas de margen neto a relaciones de precios ternero/novillo crecientes.

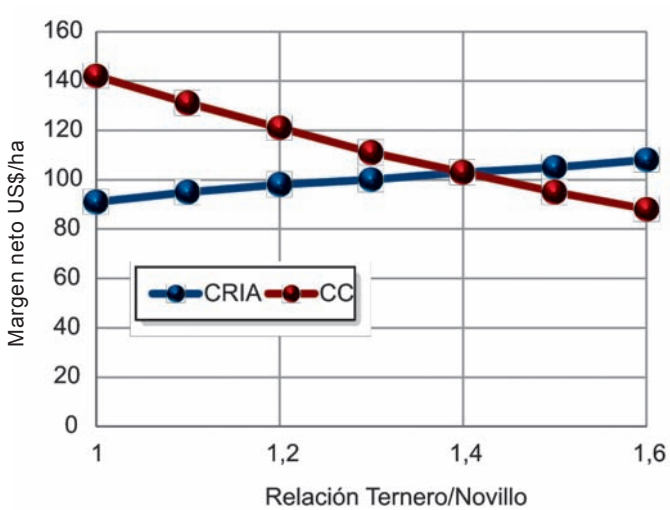


Figura 5. Margen neto logrado por las dos orientaciones productivas a diferentes relaciones de precio ternero/novillo.

Bajo los supuestos establecidos para estos dos sistemas, es necesario alcanzar valores del ternero aproximadamente 40% superiores al precio del novillo para lograr un margen similar entre la cría y el ciclo completo.

CONSIDERACIONES FINALES

Las condiciones de mercado han evolucionado favorablemente para la cría en el país, determinando resultados económicos muy superiores a los de un pasado muy reciente. Este es un hecho deseable por sí mismo, pero lo más importante es que hoy en día es posible incorporar una serie de tecnologías y estrategias que antes no eran lo suficientemente rentables para ser utilizadas o al menos su aplicación estaba limitada a sistemas productivos de mayor eficiencia biológica como la invernada.

Las relaciones de precios actuales, utilizando diferentes combinaciones de suplementos y opciones forrajeras existentes y con un precio favorable del ternero, vaquillona o novillito, permiten intensificar racionalmente la mayoría de los sistemas de cría actuales con márgenes económicos muy favorables. Las propuestas desarrolladas por INIA y la Facultad de Agronomía para la cría y la recría permiten generar nuevos escenarios de competitividad en un marco favorable de relaciones de precios para el ternero.

En un contexto de señales micro y macroeconómicas estables en el tiempo, la concepción de la cría como una actividad marginal, donde la estrategia pasaba esencialmente por aplicar técnicas de mínimo costo y riesgo, con vacas con diferentes grados de subnutrición como lógica del sistema, deberían haber llegado a su fin. En este escenario favorable para la cría, deberíamos observar un cambio positivo y paradigmático en las zonas criadoras del País, donde la existencia de vacas en condición corporal deficiente, terneros al pie de la madre al fin de invierno y toros durante todo el año fuera parte del pasado lógico de la ganadería tradicional.

Es de esperar que la cría y los criadores cambien en este escenario favorable para la producción de terneros. De no ser así, es muy probable que la forestación y/o la agricultura sigan avanzado hacia tierras tradicionalmente ganaderas, producto de su mayor rentabilidad, escala del negocio, organización empresarial y alta aplicación y adopción de tecnologías. Con ello, se estará relegando aún más a la cría a suelos marginales comprometiendo no sólo este negocio en particular sino la competitividad de toda la cadena cárnica nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ROVIRA, P.; VELAZCO, J. 2012. Suplementación de bovinos en pastoreo: autoconsumo. Montevideo: INIA. 72 p. (Serie Técnica; 199).

LUZARDO, S.; MONTOSSI, F.; LAGOMARSINO, X. 2012. Uso de la suplementación en recrías sobre campo natural. Revista INIA Uruguay. 28: 8-12.

MONTOSSI, F.; SOARES DE LIMA, J.M. 2011. Después de 20 años de crecimiento de la ganadería del Uruguay: desarrollo de propuestas tecnológicas desde la cría para el próximo salto productivo. Revista INIA Uruguay, 26: 31-38.

SIMEONE, A.; BERETTA, V. (eds.). 2012. Una nueva cría, un nuevo engorde, una nueva ganadería. JORNADA ANUAL DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN INTENSIVA DE CARNE. ESTACIÓN EXPERIMENTAL «MARIO A. CASSINONI». (14ª, 2012, Paysandú, Uruguay) Facultad de Agronomía. [Resúmenes] 66 p.

SOARES DE LIMA, J.M. 2009a. Modelo bioeconómico para la evaluación del impacto de la genética y otras variables sobre la cadena cárnica vacuna en Uruguay. Tesis Doctoral. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. 240 p.

SOARES DE LIMA, J.M. 2009b. Los sistemas de cría vacuna en Uruguay: situación actual y oportunidades de superación. Revista INIA Uruguay.20: 16-20.

SOARES DE LIMA; J.M., FERNANDEZ, E.; MONTOSSI, F.; BANCHERO, G. 2012. [En línea]. Impacto productivo y económico de la inserción del corral en sistemas pastoriles: hacia la ganadería de precisión. Consultado 2 jul. 2013. [presentación de Microsoft PowerPoint]. Disponible en: http://www.inia.org.uy/estaciones/ttres/actividades/2011/charla_soarez.pdf

DIAGNÓSTICO DE LABORATORIO DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES REPRODUCTIVAS DE LOS BOVINOS EN URUGUAY

Fernando Dutra[1]

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades reproductivas de los bovinos son un problema importante en los rodeos de cría de Uruguay (Cuadro 1). El problema es complejo y genera muchas discusiones y controversias entre los veterinarios a la hora de alcanzar un diagnóstico. Las causas del desconcierto son múltiples, pero la mayoría se relacionan a las dificultades que tienen el diagnóstico de laboratorio de las mismas.

Normalmente el veterinario es consultado cuando el productor considera que determinado problema reproductivo (ej.: bajo porcentaje de preñez) es debido a **otras** causas diferentes a la alimentación y el manejo. Dado que esto generalmente sucede semanas o meses después que ocurrió la supuesta enfermedad, el veterinario se encuentra ante el dilema de resolver un problema que frecuentemente ya no existe y busca apoyo en el laboratorio de diagnóstico. El laboratorio no está en mejores condiciones que el veterinario y debe basar su opinión en los resultados de las diversas pruebas o tests de laboratorio. Esto deja a los tests o pruebas de laboratorio con la última palabra en el diagnóstico final.

Cuadro 1. Prevalencia a escala nacional de las principales enfermedades reproductivas de los bovinos de carne

	Prevalencia predial	Prevalencia individual
IBR	99%	36%
BVD	100%	67%
Leptospira	71%	38%
Noespora	77%	17%
Campylobacteriosis	37%	14%
Brucelosis		<4,5/10.000

Fuente: Repisso *et al.,* 2005.

Aquí surge la principal dificultad, ya que realizar un diagnóstico basado en pruebas de laboratorio es un proceso imperfecto que siempre resulta en probabilidades y no en certeza de estar correcto. El diagnóstico basado en tests de laboratorio es un diagnóstico probabilístico. La razón es que ningún test es 100% sensible y específico y que su valor predictivo varía con la prevalencia de la enfermedad. Es experiencia común entre los veterinarios encontrarse con resultados positivos o negativos del laboratorio que no confirman ni descartan la presencia de la enfermedad, lo que crea confusión y frustración.

Al final, el diagnóstico de las enfermedades reproductivas se convierte en un proceso largo, difícil y costoso, que generalmente se abandona o se «resuelve» con el uso indiscriminado de vacunas reproductivas inactivadas de amplio espectro, de cuestionable eficacia.

El resultado de un test de diagnóstico debe permitir al veterinario tomar decisiones del tipo «Si/No», tal como «Enfermedad presente (Positivo)/Enfermedad ausente» (Negativo) o «Vacunar Si/Vacunar No». Por tanto, antes de solicitar un test de laboratorio se debe tener presente si el resultado del mismo ayudará o no a tomar una decisión. La información provista por el laboratorio debe complementarse con toda otra información disponible, incluyendo la historia del rodeo y el examen clínico de los animales. Raramente la información que provee el laboratorio es suficiente para establecer un diagnóstico. Es necesario tener juicio críti-

[1]D.M.V. - Servicios de la División de Laboratorios Veterinarios (DILAVE), Laboratorio Regional Este

co, conocimiento amplio de la literatura y un entendimiento claro de los principios básicos para la interpretación de los tests de diagnóstico. Conocer las limitaciones del laboratorio ayuda a evitar frustraciones con los resultados del mismo.

También es importante tener en cuenta que, en la mayoría de los problemas reproductivos, no es estrictamente necesario establecer un diagnóstico de laboratorio para solucionar el problema. El diagnóstico es un medio para alcanzar un fin y no un fin en sí mismo. La principal razón para realizar un diagnóstico es identificar y remover la causa del problema. Pero en la mayoría de los problemas reproductivos las causas son múltiples y para solucionarlos es suficiente remover cualquiera de sus causas (ej.: manejo), no necesariamente el agente etiológico. De todas formas, siempre es deseable obtener muestras para realizar la confirmación retrospectiva o actual de la enfermedad y para planificar medidas de control a largo plazo.

El objetivo de esta revisión es explicar los principios básicos para la interpretación de los tests de laboratorio de las principales enfermedades reproductivas de los bovinos en Uruguay, principalmente la Leptospirosis, la Campylobacteriosis y la Neosporosis bovina.

PROPIEDADES DE LOS TESTS DE DIAGNÓSTICO

Al seleccionar un test diagnóstico es necesario considerar su **Sensibilidad**, **Especificidad,** y **Valor Predictivo**. Un modo simple de encuadrar las relaciones entre el resultado de un test y el diagnóstico verdadero es mediante una tabla de 2 x 2 (Cuadro 2). Los datos deben obtenerse para llenar las 4 celdas.

Sensibilidad diagnóstica

La sensibilidad diagnóstica se define como la proporción de animales con una enfermedad que resultan positivos al test en cuestión. Es la capacidad de una prueba para detectar la enfermedad. Un test sensible raramente deja de detectar animales con la enfermedad. Así, si de 100 animales sabidamente enfermos el test detecta 99, la sensibilidad del test es del 99%. El 1% restante serán animales falsos-negativos. La sensibilidad diagnóstica no debe confundirse con la sensibilidad analítica, que es la capacidad de un test de detectar pequeñas cantidades de un determinado agente o metabolito.

Los tests de alta sensibilidad son útiles cuando el resultado es negativo, es decir que se usan para establecer que cierta enfermedad es improbable. Ejemplos son la serología de BVD e IBR por la técnica de ELISA, que tienen valor diagnóstico cuando son negativas, ya que permiten descartar la presencia de la enfermedad (excepto durante el periodo de incubación o en animales persistentemente infectados en el caso de BVD).

Especificidad diagnóstica

La especificidad, por el contrario, se define como la proporción de animales sanos que resultan negativos al test en cuestión. Es la probabilidad de clasificar correctamente a un individuo sano. En otras palabras, se puede definir la especificidad como la capacidad para detectar a los sanos. Son los casos verdaderamente negativos. Si de 100 animales sanos el test detecta 99 negativos, la especificidad del test es del 99%. El 1% restante son falsos-positivos. Un test altamente específico raramente clasificará como enfermos animales sanos. Un test poco específico da muchos falsos-positivos, como por

Cuadro 2. Relación entre el resultado de una prueba diagnóstica y la presencia o ausencia de una enfermedad

		ENFERMEDAD	
		Presente	**Ausente**
Test	Positivo	Verdadero positivo (VP)	Falso positivo (FP)
	Negativo	Falso negativo (FN)	Verdadero negativo (VN)

ejemplo la inmunofluorescencia en el caso de Campylobacteriosis.

Los tests de alta especificidad son útiles cuando el resultado es positivo, es decir que se usan para establecer que cierta enfermedad es altamente probable. Los tests de alta especificidad son útiles para confirmar un diagnóstico sugerido por otros datos.

Contra-balance entre sensibilidad y especificidad

Sin duda, sería deseable emplear tests de diagnóstico que sean a la vez altamente sensibles y altamente específicos. Pero aquí entra el concepto de contrabalanceo (trade-off), que significa que al aumentar la sensibilidad de un test se disminuye al mismo tiempo su especificidad. No es posible tener un test que sea al mismo tiempo 100% sensible y 100% específico (en este caso el diagnóstico sería muy sencillo y podría automatizarse). Eso ocurre porque los datos de los tests asumen una serie continua de valores (ej.: títulos serológicos de 1:10, 1:20; 1:40 ... 1:3600, etc.) y la selección de un punto de corte para clasificar los animales como positivos o negativos es determinada arbitrariamente. En general, se seleccionan puntos de corte que minimizan tanto los falsos-positivos como los falsos-negativos (puntos de mínimo error).

Por ejemplo, títulos de 1:200 por la técnica de MAT se consideran positivos de infección por *Leptospira* sp. Títulos de 1:800 o más hacen la técnica más específica porque los animales tienen casi con seguridad una infección aguda, pero la sensibilidad disminuye ya que muchos animales enfermos con títulos bajos son dados como negativos (falsos-negativos). Por el contrario, al disminuir el punto de corte a 1:100 (como en Brasil) la sensibilidad del test aumenta (menos falsos-negativos), pero su especificidad disminuye (más falsos-positivos). Ejemplos similares se verán en el caso de *Neopora* sp. y otros agentes.

Hasta cierto punto el clínico puede, según sus necesidades, aumentar o disminuir sus requisitos para dar como positivos o negativos los animales. Si quiere asegurarse que el animal está enfermo y dar un diagnóstico definitivo, puede aumentar la especificidad dando como positivos animales con un punto de corte elevado, pero sabiendo que va a dar como negativos animales que realmente eran positivos (aumentan los falsos-negativos). Si, por el contrario, quiere asegurarse de eliminar todos los animales positivos del predio, debe incrementar la sensibilidad del test disminuyendo su punto de corte, pero sabiendo que va a aumentar los falsos-positivos al eliminar muchos animales que son verdaderamente negativos. En última instancia, el punto de corte seleccionado por el interesado dependerá del costo de tener muchos animales falsos-negativos o muchos falsos-positivos.

Valor predictivo

Aunque la sensibilidad y la especificidad son propiedades importantes a tener en cuenta a la hora de seleccionar un test de diagnóstico, carecen de utilidad en la práctica clínica. La sensibilidad y la especificidad son propiedades del test que se calculan de una población de animales sabidamente enfermos (sensibilidad) o sabidamente sanos (especificidad). Pero el veterinario, cuando solicita el test, desconoce si el animal está o no afectado por la enfermedad en cuestión. La pregunta verdaderamente importante que se plantea es: ante un resultado positivo (o negativo) en la prueba, ¿cuál es la probabilidad de que el paciente esté realmente enfermo (o sano)? Esto lo define el **valor predictivo** del test.

El valor predictivo se define como la probabilidad de la existencia de la enfermedad dado los resultados del test. El valor predictivo es una respuesta a la pregunta de «*¿Si el resultado de mi paciente es positivo (o negativo), cuál es la probabilidad de que tenga (o no tenga) la enfermedad*?». El valor predictivo es también llamado *probabilidad posterior* (ó *probabilidad post-test*), porque es la probabilidad de la enfermedad **después** de conocer el resultado del test.

Cuanto más sensible es un test, mejor será su *valor predictivo negativo,* es decir mayor será la seguridad del veterinario de que un animal con un resultado negativo es realmente negativo. En contraposición, cuanto más específico es el test, mejor será su *va-*

lor predictivo positivo (mayor será la seguridad de que el resultado positivo confirme la existencia de la enfermedad).

Pero el hecho más importante a tener en cuenta cuando queremos realizar un diagnóstico de laboratorio es que el valor predictivo de un test está determinado no sólo por la sensibilidad y especificidad del test, sino también por la **prevalencia** de la enfermedad. Es decir, la interpretación del resultado varía según el contexto en que es aplicado. Resultados positivos, aún de un test muy específico, cuando se refiere a animales con baja probabilidad de tener la enfermedad (baja prevalencia), serán, en gran parte, falsos-positivos. De la misma forma, resultados negativos, aún de un test muy sensible, cuando se refiere a animales con alta chance de enfermedad (alta prevalencia), son probablemente falsos-negativos. En resumen, la prevalencia es más importante que la sensibilidad y la especificidad en la determinación del valor predictivo.

No es intuitivamente obvio que la interpretación del resultado de un test cambie según el contexto o prevalencia de la enfermedad. Para explicar esta conclusión tan trascendente, es útil considerar como se comporta un test en los extremos de la prevalencia. Recuérdese que, independientemente de cuan alta pueda ser la sensibilidad y la especificidad del test en cuestión (con tal de que no sea 100% perfecto, y nunca lo es), siempre habrá una pequeña proporción de animales clasificados erróneamente por el test (falsos-positivos y falsos-negativos). Si ese test lo aplicamos a una población imaginaria en la cual ningún animal tiene la enfermedad (prevalencia cero), entonces todos los resultados positivos de ese test tan específico, serán todos falsos-positivos. Por lo tanto, cuando la prevalencia de la enfermedad en la población se aproxima a cero, el valor predictivo positivo del test también se aproxima a cero. En contraposición, si toda la población testada estuviera enferma (prevalencia 100%), todos los resultados negativos serán falsos-negativos, aún para un test muy sensible. Dicho de otra manera, cuando la prevalencia se aproxima a 100%, el valor predictivo negativo también se aproxima a cero.

Considerando la importancia de la prevalencia en la determinación del valor predictivo, es obvia la ventaja de aplicar los tests diagnósticos en aquellos animales con mayor probabilidad de presentar la enfermedad. Esto es contrario a lo que muchas veces se predica de tomar las muestras aleatoriamente o al azar. Si lo que se desea es confirmar o descartar una enfermedad, se debe hacer el muestreo en los animales con mayor probabilidad de presentar el agente etiológico. Por ejemplo, en caso de las enfermedades venéreas el valor predictivo positivo de los raspajes prepuciales es mucho mayor si se realizan en los toros mayores de 5 años, en los que la prevalencia de la infección es mayor.

En resumen, la interpretación del resultado de un test diagnóstico, negativo o positivo, varía de un contexto a otro, de acuerdo con la prevalencia estimada de la enfermedad en el contexto específico.

CAMPYLOBACTERIOSIS GENITAL BOVINA

La Campylobacteriosis o Vibriosis es una enfermedad infecciosa causada por *Campylobacter fetus* subesp. v*enerealis* cuya trasmisión ocurre principalmente por vía venérea. El *Campylobacter fetus* tiene 2 subespecies: *venerealis* y *fetus*. La diferenciación entre ambas subespecies se realiza por biotipificación luego del cultivo y aislamiento y actualmente también por biología molecular (PCR).

Los signos clínicos principales son infertilidad temporaria, repetición de celos, celos irregulares, corrimiento vaginal mucopurulento, retardo en la concepción de hasta 120 días o más debido a mortalidad embrionaria temprana, y finalmente disminución en el porcentaje de preñez. Las hembras afectadas adquieren inmunidad local y eliminan la infección del útero luego de 2 ó 4 ciclos estrales, concibiendo en forma retrasada. En rodeos de cría, la presencia de la enfermedad frecuentemente pasa desapercibida hasta el diagnóstico de gestación en el otoño cuando muchas hembras se encuentran vacías. A la palpación puede notarse una considerable diferencia en las edades fetales debido a

la infertilidad temporaria y un retardo en la concepción en las hembras afectadas. Los abortos son poco frecuentes y la mayoría se presentan entre los 4 y 6 semanas de gestación. Probablemente la mayoría de los abortos son fetos muy pequeños que pasan desapercibidos. Los fetos abortados pueden encontrarse bien preservados, con autólisis avanzada, o momificados. A la necropsia, pueden encontrarse derrames con hilos de fibrina en el tórax, pericardio y/o cavidad abdominal. El Campylobacter puede observarse en campo oscuro y cultivarse del líquido abomasal, siendo esta técnica altamente específica. En bovinos, el aborto puede también ocurrir esporádicamente con *C fetus* subesp *fetus* y con *C jejuni*, por lo que se requiere el cultivo y la identificación específica de la subespecie *venerealis* para establecer si la infección fue venérea.

La prevalencia nacional de *Campylobacter fetus* en toros de razas de carne -corregida por la sensibilidad y especificidad de los test diagnósticos empleados- es de 14% (28% por el test de inmunofluorescencia y 4% por el cultivo). La sensibilidad y la especificidad de ambos test de diagnóstico son aproximadamente 93% y 88% para la inmunofluorescencia y 40-60% y 100% para el cultivo, respectivamente.

Estos niveles de prevalencia -menores al 20%- indican que para el diagnóstico se debe usar un test de alta especificidad. En las condiciones de Uruguay el cultivo es la técnica de elección ya que la inmunofluorescencia es de baja especificidad para los niveles de prevalencia de Uruguay y arroja demasiados animales falsos-positivos (tiene bajo valor predictivo positivo).

El diagnóstico y control de la Campylobacteriosis son principalmente realizados en los toros, los cuales son portadores asintomáticos del microorganismo y los responsables de diseminar la enfermedad en el rodeo. La prevalencia de la infección es significativamente mayor en toros adultos de 5 años y más, debido al mayor desarrollo de las criptas prepuciales que favorecen la persistencia del microorganismo. La enfermedad también se puede trasmitir por semen congelado contaminado durante la IA. En la hembra, el *Campylobacter fetus venerealis* reside en las mucosas del útero, cuello del útero y vagina, causando endometritis, cervicitis, y corrimiento vaginal mucopurulento, del cual puede también realizarse el cultivo usando los mismos medios de transporte usados en los raspajes prepuciales. Un bajo porcentaje de vacas o vaquillonas pueden ser portadoras de *C fetus venerealis* por 8-10 meses post infección y colaborar así en el mantenimiento de la enfermedad en el rodeo.

Las técnicas de laboratorio actualmente utilizadas en Uruguay para diagnosticar la enfermedad son el cultivo y la inmunofluorescencia directa (IFD). Recientemente se ha puesto a punto en DILAVE por los Drs. Helena Guarino y Néstor D´ Anatro la técnica de biología molecular de PCR (reacción en cadena de la polimerasa).

Aislamiento de *Campylobacter fetus* subesp. *venerealis*

El cultivo es considerado la «Prueba de Oro» de la Campylobacteriosis, es decir, para realizar el diagnóstico definitivo se requiere identificar la bacteria en el tracto reproductivo, en el feto abortado, y / o en el semen fresco o congelado. El método más empleado es el raspaje prepucial en toros. El Campylobacter es fastidioso para crecer y requiere de una colecta cuidadosa de la muestra y un transporte adecuado. En DILAVE se emplean medios de transporte para preservar el microorganismo y facilitar su aislamiento e identificación. La técnica es 100% específica pero su sensibilidad en los raspajes prepuciales varía entre 40 y 60% según la concentración de microorganismos en la muestra, el método de extracción, y los contaminantes presentes en la flora prepucial.

La relativamente baja sensibilidad del cultivo arroja dudas en los veterinarios porque muchos toros positivos podrían ser comercializados como negativos (falsos-negativos). Sin embargo, cuando se calcula el valor predictivo del cultivo basado en una sensibilidad del 50%, una especificidad del 100%, y una prevalencia del 14%, se observa que el *valor predictivo negativo* del cultivo es tan alto como de 92%, es decir, solo un 8% de los toros son falsos-negativos. Este resultado no es de extrañar ya que la performance

de los tests diagnósticos de alta especificidad como el cultivo, es muy buena con una prevalencia <20%. De todas formas, un método para aumentar la sensibilidad del test y disminuir los toros falsos-negativos es realizando 2 ó 3 cultivos en serie con 7-15 días de intervalo. Con 3 raspajes seriados la sensibilidad del cultivo aumenta al 88% y los falsos negativos se reducen a sólo 4% (valor predictivo negativo de 96%). Es recomendable respetar el intervalo ya que la población microbiana en el prepucio varía cíclicamente y puede no detectarse si el raspaje prepucial se realiza cuando la población bacteriana está en su mínimo.

Para realizar los raspajes prepuciales deben seleccionarse preferentemente los toros adultos > 5 años y/o aquellos que estuvieron en servicio con las vacas o vaquillonas con menores índices de preñez. En predios con problemas reproductivos se recomienda tomar muestras de 10 ó 20 toros, seleccionados según el criterio de prioridad anterior. Cuando sea necesario certificar individualmente (ej.: venta de cabañas) debe muestrearse toda la población los toros 1, 2, ó 3 veces, teniendo en cuenta que siempre existe un riesgo mínimo de toros falsos negativos.

Inmunofluorescencia directa (IFD)

Este test se emplea ampliamente en el país pero los resultados **positivos** de la misma son muy cuestionables. Eso ha traído mucha confusión en la profesión y ha llevado a sobredimensionar el problema de la Campylobacteriosis, ya que muchos toros con resultados positivos son en realidad falsos-positivos. Es experiencia común de muchos colegas el encontrarse con resultados positivos a Campylobacter en predios con 95% o más de preñez o incluso en toros vírgenes. En una experiencia realizada en por un colega de Treinta y Tres, se entoraron 2 grupos de 40 vaquillonas vírgenes con 2 toros positivos a Campylobacter por el test de IFD. Los resultados de preñez fueron 100% y 95%, mostrando claramente que los toros eran falsos positivos.

Hay varias razones para el fracaso de esta técnica.

En primer lugar, la IFD no diferencia las subespecies *fetus* y *venerealis*, por lo que un resultado positivo no indica la presencia de la enfermedad venérea en el rodeo.

En segundo lugar, la IFD tiene una sensibilidad de aproximadamente 93-95% y una especificidad de 85-88%. La especificidad es muy baja para la prevalencia de la infección existente en el país, por lo cual el *valor predictivo positivo* de la IFD es de solo 58%, **es decir que 42% de los toros dados como positivos por este test son falsos-positivos**. Más aún, si se realizan 3 raspajes en serie, el *valor predictivo positivo* de la IFD cae tanto que prácticamente el 50% de los resultados positivos son falsos positivos. Por esa razón no se recomienda usar este test para confirmar la presencia de la enfermedad. El diagnóstico positivo debe realizarse únicamente por cultivo y aislamiento.

A pesar del bajo *valor predictivo positivo*, la IFD tiene buena sensibilidad y su *valor predictivo negativo* es de 99%. Esto significa que el 99% de los toros dados como negativos son realmente negativos y sólo 1% son falsos negativos. Por esta razón, si sequiere tener seguridad de usar toros negativos la IFD es una buena opción.

Por último, debe advertirse que la técnica no es apropiada para eliminar toros de un rodeo con fines de controlar la enfermedad. Al tener una especificidad baja y dar muchos falsos positivos, se corre el riesgo de despoblar completamente el rodeo. En un predio en Treinta y Tres con diagnóstico por cultivo, se intentó erradicar la enfermedad eliminando los toros positivos a IFD. Al primer raspaje se eliminaron el 25% de los animales, al segundo raspaje 15 días más tarde se eliminaron el 22% de los toros remanentes, al tercer raspaje otro 18%, suspendiéndose luego el control. Obviamente, muchos de los toros eliminados eran falsos-positivos por la baja especificidad de la IFD,

Medidas simples para lograr un buen control de la enfermedad son: llevar buenos registros de los toros usados en cada rodeo, usar toros jóvenes negativos a *Campylobacter* sp.,

no rotar los toros durante el servicio, y realizar el control de los toros a partir de los 30 días de finalizado el servicio ó 30 días previos al entore.

Los toros positivos pueden eliminarse o tratarse localmente con antibióticos por lavajes prepuciales. Si se decide el tratamiento, se deberá controlar con raspajes el éxito del tratamiento. Si el tratamiento con antibióticos tiene éxito, se procederá a la vacunación de los toros, teniendo en cuenta que los toros se vacunan con doble dosis para disminuir el estado de portador. Los toros que no responden al tratamiento con antibióticos deben ser eliminados. En rodeos positivos, las vacas y vaquillonas se pueden vacunar previo al servicio (2 dosis con 15-20 días de intervalo) y las hembras vacías al tacto se eliminan, ya que algunas pueden ser portadoras y diseminar la enfermedad en el rodeo.

LEPTOSPIROSIS BOVINA

La Leptospirosis es la enfermedad reproductiva más importante de los bovinos en Uruguay. Ocasiona grandes pérdidas económicas por infertilidad, abortos y mortalidad neonatal. Los estudios en vacas de cría muestra una seroprevalencia nacional de 38% (MAT, títulos ³1/200), siendo *Leptospira borgpetersenii* tipo *hardjobovis* (24%) y L. *interrogans* sv. *pomona* (5.6%) los serovares más prevalentes. El bovino es un huésped de mantenimiento de *Leptospira borgpertersenii tipo hardjobovis* y hospedador accidental de la *L. pomona*, lo que tiene importancia a los efectos de la interpretación de los títulos serológicos ya que estos tienden a ser a ser bajos en el primer caso y altos en el segundo (Cuadro 3). La *Leptospira borgpetersenii tipo hardjobovis* sobrevive en el riñón y en el tracto genital de la vaca, y se excreta por la orina durante años, siendo esta la principal fuente de contaminación de los campos. El organismo sobrevive mejor en el medio ambiente con temperaturas entre 7 °C y 36 °C y pH de 6-8. Pero el factor más crítico que gobierna la supervivencia de la leptospira en el ambiente es la humedad o agua superficial del suelo. Por esta razón la ocurrencia de la enfermedad en nuestro país es más común en campos bajos con poco drenaje y rara en zonas de sierras con pendientes pronunciadas. La *Leptospira Pomona* infecta al bovino sólo accidentalmente a partir de otras especies reservorios, tales como el cerdo y los roedores silvestres.

El análisis de la serie temporal de la leptospirosis en vacas muestra que en la región Este de Uruguay la leptospirosis es de tendencia creciente, tiene un patrón estacional otoño-invierno muy marcado y presenta picos epidémicos cada 4-5 años (Figura 1). La Leptospirosis bovina es, además, una zoonosis ocupacional de incidencia relativamente alta, con una frecuencia de pacientes que requieren internación de 10 casos /año en Uruguay.

DIAGNÓSTICO

El diagnóstico definitivo de la leptospirosis es el aislamiento de la *Leptospira* sp. del feto y la vaca abortada. El aislamiento del feto es una prueba que tiene un 100% de especificidad, ya que es la prueba de oro de la enfermedad, pero su sensibilidad es muy baja ya que la bacteria es muy lábil y de difícil aislamiento.

Cuadro 3. Diferencia entre huésped de mantenimiento y accidental en la leptospirosis bovina

	Serovar bovino-específico ***L. hardjobovis***	**Serovar incidental** ***L. pomona***
Susceptibilidad	++++	**++**
Patogenicidad	**++**	**+++**
Persistencia	≈ 1-2 años	≈ 3 meses
Trasmisión	Directa	Indirecta
Tracto genital	**++++**	**-**
Títulos MAT	Bajos o negativos	Altos

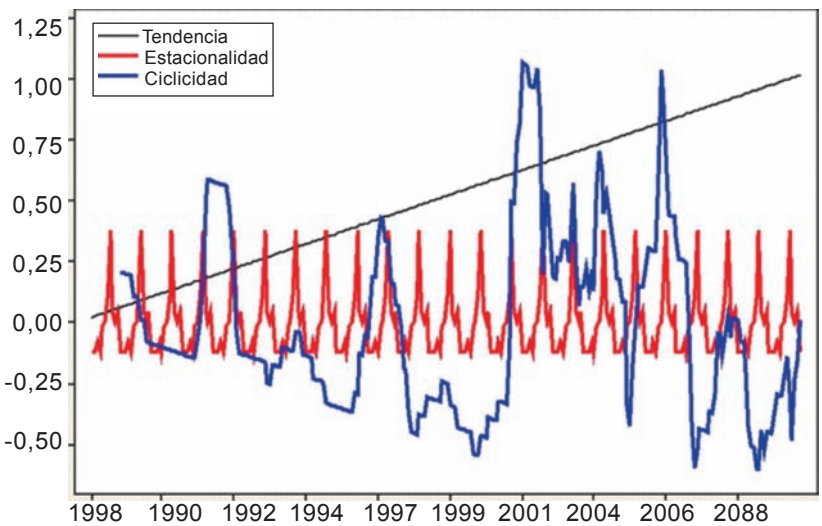


Figura 1. Descomposición de serie de tiempo de abortos por *Leptospira* spp. en bovinos en la región de Uruguay (1988-2010). Se observa una tendencia creciente (línea negra), un patrón estacional otoño-invierno muy marcado (línea roja) y una ciclicidad aleatoria cada 4-5 años (línea azul).

La patología fetal, caracterizada por ictericia, hepatitis portal, colestasis, y nefritis linfoplasmocítica, es altamente específica porque hay pocas enfermedades fetales con tales lesiones, pero su sensibilidad es baja ya que generalmente los fetos abortados están autolíticos. También puede emplearse la coloración de plata (Levaditi) en los tejidos fetales que tiene muy buena especificidad pero no siempre es posible realizarla ya que se requiere remitir el feto bien preservado. La serología del feto realizada sobre sangre del corazón o derrames cavitarios es un test de alta sensibilidad y especificidad. El título de corte empleado es generalmente de >1:20 y se considera diagnóstico.

En nuestras condiciones de campo, el método de diagnóstico más empleado en vacas es la serología por el test de microaglutinación en placa o MAT. Este es el test estándar de la Leptospirosis pero se debe ser cuidadoso en la interpretación de los resultados El test es analíticamente muy sensible y específico para detectar la infección del animal con títulos de 1:200, pero es poco específico desde el punto de vista diagnóstico ya que casi el 40% de las vacas normales tienen títulos de 1:200 en nuestro país (ver Cuadro 3). Para aumentar la especificidad del test para el diagnóstico del aborto, se recomienda considerar positivos animales con títulos altos, aunque el criterio varía entre países, en general títulos de ³ 1:800 para *L hardjobovis* y ³ 1:3200 para *L pomona* se consideran indicadores de infección aguda. Para aumentar el valor predictivo del MAT se recomienda hacer la prueba en todas las vacas abortadas, no aleatoriamente en vacas sanas, aunque generalmente 12 vacas es suficiente.

NEOSPOROSIS EN BOVINOS

La Neosporosis de los bovinos es una enfermedad causada por el protozoario *Neospora caninum*. La enfermedad es una de las causas principales de abortos en bovinos en todo el mundo. La enfermedad se presenta tanto en ganado de carne como de leche, aunque es más frecuente en vacas lecheras.

En Uruguay, el aborto por *Neospora caninum* se diagnosticó por primera vez en 1999 por los Dres. Pedro Bañales, Cristina Easton, Cecilia Paullier y Milton Pizzorno, del Dpto. de Patobiología de DILAVE Miguel C Rubino. Este grupo de trabajo mantiene

una casuística muy completa de la enfermedad en Uruguay. Por una revisión detallada de esta enfermedad se recomienda consultar el trabajo de estos autores.

Seroprevalencia en Uruguay

La proporción de establecimientos ganaderos positivos para *N. caninum* en Uruguay se estima en 69,2% (95% CI, 53,7-84,7), mientras que la seroprevalencia cruda en vacas de cría es de 13,9% (95% CI, 11,6-16,3). En vaquillonas <2 años, la seroprevalencia es de 12,9% mientras que en vacas adultas es de 14,3%, indicando que la mayoría de las hembras del país se encuentran ya infectadas al momento de su primer entore. Estudios nacionales en ganado lechero muestran que la infección por *N. caninum* es postnatal, ya que la seroprevalencia es alta en vacas (60%) y baja en terneros, y no hay correlación entre los títulos serológicos de vacas y terneros.

Trasmisión y epidemiología

Un hallazgo crítico desde el punto de vista epidemiológico es que la neosporosis se mantiene en el bovino como una **infección crónica persistente** que es trasmitida con alta eficiencia al feto durante la preñez. La infección en la vaca se encuentra ampliamente distribuida en todos los tejidos. Durante la preñez, la mayoría de las vacas con neosporosis infectan sus fetos transplacentariamente (trasmisión vertical). Sin embargo, la mayoría de los fetos infectados no mueren y abortan, sino que nacen con una infección congénita y se transforman en portadores inaparentes. Se ha estimado que el 80% a 90% de las vacas seropositivas paren terneros aparentemente normales pero congénitamente infectados *Neospora caninum*. Las terneras congénitamente infectadas cumplen un rol importantísimo en mantener la infección en el rodeo y trasmitirla a la siguiente generación. Que un feto sobreviva a la infección o muera y aborte, depende de varios factores tales como la dosis y el momento de la infección en relación con el desarrollo inmunitario del feto. Si la infección se produce previo a la maduración del sistema inmunitario (antes del 5-6 mes), el feto puede sufrir una infección devastadora con lesiones inflamatorias diseminadas en el cerebro, corazón, pulmón, hígado, riñón, músculo estriado, placenta y otros órganos, lo que provoca su muerte y el aborto.

Hay dos formas por la cual el bovino puede adquirir la infección:

1) Trasmisión vertical o transplacentaria

El principal modo de trasmisión de la Neospora es por la infección de fetos de vacas crónicamente infectadas. Este es la forma por la cual el parásito se mantiene en un rodeo a través de las generaciones. La evidencia serológica indica que en rodeos endémicamente infectados la mayoría de los abortos son debidos a vacas infectadas congénitamente, aunque algunas pocas vacas pueden haber adquirido la infección post natalmente.

2) Trasmisión horizontal o post natal.

Esta la principal vía de trasmisión en los brotes epidémicos de neosporosis, en los que la infección se adquiere por la ingestión de pasturas o ración contaminada. El modelo propuesto es que el bovino es el huésped intermediario y adquiere la infección por la ingestión de ooquistes eliminados por vía fecal por el huésped definitivo. El perro se ha identificado experimental y epidemiológicamente como el principal huésped definitivo de la neosporosis bovina. Estudios serológicos en Uruguay establecieron que el 20% de los perros de estancia son positivos a *Neospora caninum*.

Presentación clínica

La manifestación primaria de la enfermedad en el bovino es el aborto a mitad de gestación. La mayoría de los abortos ocurren en el segundo trimestre de preñez, generalmente entre los 4 y 6 meses de gestación. En una epidemia de neosporosis en un predio lechero en Paysandú, Uruguay, la edad de gestación de los fetos abortados fue de 6,8 ± 1,3 meses. Los fetos son en su mayoría expulsado autolisados y la vaca no presenta ningún otro signo clínico. Cuando la infección fetal se produce en los primeros meses de gestación pueden observarse casos de

fetos momificados. En otros casos más raros pueden observarse terneros nacidos a término con paresia o parálisis debido a encefalomielitis. Las vacas infectadas tienen mayor riesgo de abortar ya que los quistes pueden reactivarse durante la gestación y trasmitirse al feto causando la muerte del mismo. Sin embargo, como se explicó más arriba, la mayoría de las hembras preñadas infectadas con *Neospora* no terminan en abortos.

Otro hallazgo importante de la neosporosis es que las vacas abortadas desarrollan poca o ninguna inmunidad y pueden abortar en las siguientes gestaciones. En predios con neosporosis endémica, las mismas vacas pueden abortar múltiples veces en su vida. El aborto múltiple permite diferenciar la noesporosis de la mayoría de las otras enfermedades abortivas, principalmente las víricas, la leptospirosis, y las enfermedades venéreas.

En la neosporosis los abortos se presentan bajo dos patrones epidemiológicos: **endémico** y **epidémico**. Ambos patrones pueden mezclarse en un predio en particular y por eso la enfermedad es descrita como endémica / epidémica. Ambos patrones ocurren en Uruguay.

El **patrón endémico** es el más común. Este patrón está probablemente causado por la reactivación de la infección de vacas con infección crónica persistente, con liberación de taquizoítos a la sangre y laconsiguiete trasmisión vertical de la infección al feto. El rodeo experimenta una tasa anual de abortos mayor a 3-5% durante prácticamente todos los meses del año, aunque con oscilaciones estacionales. En un estudio epidemiológico realizado en un predio lechero en Treinta y Tres, los abortos endémicos mostraron una estacionalidad bastante clara con un aumento en los meses de primavera, cuando la incidencia se incrementó a tasas de 8-9% o más.

El **patrón epidémico** es menos común y se caracteriza por abortos en una alta proporción de las vacas preñadas en un período de tiempo relativamente corto. Este patrón se reportó por el Dr. Jorge Gil y col. en un predio lechero en Paysandú La trasmisión de la infección en este caso es probablemente horizontal por la contaminación de las pasturas o la ración con ooquistes de perros infestados.

Diagnóstico

Para un diagnóstico seguro se debe considerar la edad gestacional del aborto, la presencia de lesiones inflamatorias compatibles en el cerebro y otros órganos, y la presencia de *Neospora sp*. detectada por inmunohistoquímica en los tejidos fetales. Esta estrategia de diagnóstico es 100% específica, ya que las lesiones fetales y la inmunohistoquímica son la «Prueba de Oro» de la neosporosis. Esta estrategia tiene una sensibilidad relativamente menor por lo que puede arrojar mayores casos de falsos-negativos.

La serología puede usarse en casos individuales y en diagnósticos de rodeo. Las pruebas serológicas son de alta sensibilidad pero baja especificidad, por lo que se corre el riesgo de sobre-diagnosticar la enfermedad ya que se obtiene muchos casos falsos-positivos. El diagnóstico serológico es probabilístico.

El aislamiento por inoculación y citocultivo y las técnicas de PCR no están aun disponibles como rutina en Uruguay.

Necropsia e histología fetal

El método de diagnóstico preferido es la remisión al laboratorio de 1 ó más fetos refrigerados (no congelados). Alternativamente, puede realizarse la necropsia en el campo y enviar los órganos en formol 10%. El feto es generalmente expulsado con autólisis avanzada y presenta derrames sero-sanguinolentos abundantes en las cavidades corporales. Raramente pueden encontrarse focos o estrías pálidas en los músculos esqueléticos y / o el corazón. Siempre se debe enviar el SNC ya que aquí es donde se encuentran las principales lesiones. El SNC generalmente está bastante autolítico y blando y se debe tener cuidado de no destruirlo completamente al extraerlo. El feto puede enviarse entero en formol al 10% si es chico, o bien puede cortarse la cabeza y enviarla entera junto al resto de los órganos.

La histología es muy importante ya que un diagnóstico presuntivo de neosporosis puede realizarse sobre la base de las lesiones en varios órganos. Las lesiones más significativas se encuentran en el cerebro y consisten en focos de necrosis rodeados de infiltrado inflamatorio y reacción glial. Pueden encontrarse quistes de Neospora pero no son comunes en las coloraciones de rutina. Otras lesiones que se encuentran consistentemente son miocarditis, miositis, y hepatitis portal no-supurativa.

La inmunohistoquímica usando anticuerpos anti-Neospora es la «Prueba de Oro» para el diagnóstico de enfermedad. Su especificidad es casi del 100%. Esta técnica permite identificar la *Neospora caninum* en los tejidos fetales. La inmunohistoquímica es una prueba que está disponible en Uruguay y que se realiza en el Laboratorio de Patología de DILAVE, Montevideo. La sensibilidad de la prueba es bastante menor que su especificidad por lo que pueden existir falsos-negativos. La sensibilidad mejora si la técnica se realiza sobre secciones del cerebro y riñón fetal, pero la mejor forma de aumentar la sensibilidad del diagnóstico es realizar la prueba sobre más de un feto.

Serología

La serología puede ayudar en el diagnóstico pero se requiere ser cuidadoso en su interpretación. Las pruebas serológicas de rutina disponibles son la técnica de inmunofluorescencia indirecta (IFAT) y el test de ELISA. Ambos procedimientos son rápidos y económicos. La especificidad y la sensibilidad de del tests para el diagnóstico del aborto dependen del título seleccionado como punto de corte para un resultado positivo. Una muestra única de una vaca puede no reflejar con seguridad su status de infección, ya que los títulos oscilan ampliamente por razones desconocidas y pueden caer por debajo del punto de corte durante un período de tiempo prolongado. Sin embargo, no se ha demostrado que una vaca serológicamente positiva pueda convertirse en seronegativa de forma permanente.

Los títulos de corte de IFAT establecidos para el diagnóstico de infección son de 1:200 en vacas y 1:80 en fetos abortados. Estos títulos indican exposición al agente pero no prueban que el aborto fue debido a neosporosis. Generalmente, las vacas infectadas que abortan tienen títulos altos. En general, se recomienda considerar como indicadores de aborto títulos mayores a 1:800. Títulos de 1:3200 o más se consideran indicadores de aborto con una alta probabilidad (OR = 28, $P<0.05$).

La serología puede usarse con mayor seguridad para establecer un diagnóstico de rodeo. Para ello se debe determinar la proporción de abortos atribuibles a la infección por Neospora comparando los títulos de las vacas abortadas y las no abortadas. Esta estrategia de diagnóstico de rodeo es efectiva siempre y cuando se sangren todas las vacas recientemente abortadas y un número suficiente de animales preñados controles. Para el cálculo deben llenarse los 4 casilleros de la tabla de 2 x 2 y los resultados se analizan estadísticamente por el test de Chi-cuadrado. El inconveniente mayor de esta estrategia es el costo por el número de muestras necesarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAÑALES, P.; FERNÁNDEZ, L.; REPISO, M.V.; GIL, A.; DARGATZ, D.A.; OSAWA, T. 2006. A nationwide survey on seroprevalence of Neospora caninum infection in beef cattle in Uruguay. Veterinary Parasitology 139(1-3):15-20.

CHABAN, B.; CHU, S.; HENDRICK, S.; WALDNER, C.; HILL, J.E. 2012. Evaluation of a Campylobacter fetus subspecies venerealis real-time quantitative polymerase chain reaction for direct analysis of bovine preputial samples. Canadian Journal of Veterinary Research 76(3):166-173.

CORBEIL, L.B.; CAMPERO, C.M.; RHYAN, J.C.; BONDURANT, R.H. 2003. Vaccines against sexually transmitted diseases. Reproductive. Biology and Endocrinology 1:118.

DUTRA, F. 2009. Análisis geográfico, temporal y espacio-temporal de la leptospirosis aguda en terneros en la región Este de

Uruguay. En: Jornadas Uruguayas de Buiatría (37ª, 2009, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú: Centro Médico Veterinario Paysandú. p.58.

FAINE, S. 1994. Leptospira and leptospirosis. Boca Raton: CRC Press. p.117–144.

FERREIRA FIGUEIREDO, J.; OLIVEIRA PELLEGRIN, A.; BASTOS FÓSCOLO, C.; PAULA MACHADO, R.; LEITE MIRANDA, K.; PEREIRA LAGE, A. 2002. Evaluation of direct fluorescent antibody test for the diagnosis of bovine genital campylobacteriosis. Revista Latinoamericana de Microbiología. 44(3-4):118-123.

FLETCHER, R.H.; FLETCHER, S.W.; FLETCHER, G.S. 2013. Clinical epidemiology: the essentials. 5ed. Philadelphia: Lippincott Williams; Wilkins. 273p.

IRAOLA, G.; HERNÁNDEZ. M.; CALLEROS, L.; PAOLICCHI, F.; SILVEYRA, S.; VELILLA, A.; CARRETTO, L.; RODRÍGUEZ, E.; PÉREZ, R. 2012. Application of a multiplex PCR assay for Campylobacter fetus detection and subspecies differentiation in uncultured samples of aborted bovine fetuses. Journal of Veterinary Science 13(4):371-376.

KASHIWAZAKI, Y.; GIANNEECHINI, R.E.; LUST, M.; GIL, J. 2004. Seroepidemiology of neosporosis in dairy cattle in Uruguay. Veterinary Parasitology 120(1-2):139-144.

PRESCOTT, J.F. 2007. En: Jubb & Kennedy, Pathology of domestic animals. 5a. ed. Ed. Saunders, vol. 2.

REPISO, M.V.; GIL, A.; BAÑALES, P.; D'ANATRO, N.; FERNÁNDEZ, L.; GUARINO, H.; HERRERA, B.; NÚÑEZ, A.; OLIVERA, M.; OSAWA, T.; SILVA, M. 2005. Prevalencias de las principales enfermedades infecciosas que afectan el comportamiento reproductivo en la ganadería de carne y caracterización de los establecimientos de cría del Uruguay. Veterinaria Uruguay 40:5-28.

SMITH, C.R.; KETTERER, P.J.; MCGOWAN, M.R.; CORNEY, B.G. 1994. A review of laboratory techniques and their use in the diagnosis of Leptospira interrogans serovar hardjo infection in cattle. Australian Veterinary Journal 71(9):290-294.

SURUJBALLI, O.; MALLORY, M. 2004. An indirect enzyme linked immunosorbent assay for the detection of bovine antibodies to multiple Leptospira serovars. Canadian Journal of Veterinary Research 68(1):1-6.

THRUSFIELD, M. 2007. Veterinary Epidemiology. 3a.ed. London: Blackwell Science. 624p.

VAN METRE, D.; DIVERS, T. 2002. Leptospirosis. En: Smith, B. Large animal internal medicine. 3a ed. London: Mosby. p.870-871.

AVANCES EN HERRAMIENTAS DE SELECCIÓN PARA LA CRÍA: PESO ADULTO, CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS E ÍNDICES DE SELECCIÓN

Mario Lema[1]
Olga Ravagnolo[2]
Juan M. Soares de Lima[3]

RESUMEN

Los programas de mejoramiento genético de una raza tienen como objetivo identificar y promocionar los animales que se adapten a las condiciones de producción existentes y que al mismo tiempo mejoren el beneficio económico de las explotaciones. La mejor herramienta para seleccionar los reproductores es la diferencia esperada en la progenie (DEP/EPD), que son obtenidas para diferentes características, a partir del procesamiento de las evaluaciones genéticas poblacionales. En bovinos para carne el país dispone de evaluaciones genéticas para las razas Aberdeen Angus, Hereford y Braford. Se describe el software SRGen que permite ingresar los registros necesarios para las evaluaciones actuales y registrar los eventos reproductivos del rodeo de forma de obtener evaluaciones genéticas para características reproductivas. Se discute la dirección y la velocidad de la mejora genética en los procesos de selección, siendo realizadas consideraciones sobre el EPD publicado de peso adulto de la vaca. Los índices de selección permiten sintetizar en un solo valor el impacto económico en un sistema de producción. Se describe el proceso de elaboración del índice de selección para sistemas criadores con invernada de vacas de la raza Hereford (INDICE CRIA) y de los procesos que se desarrollan en otras razas. Comentarios sobre la etapa de desarrollo de incorporación genómica a las evaluaciones genéticas de bovinos son realizados.

Palabras clave: bovinos para carne, mejoramiento genético

ABSTRACT

The breeding programme of any breed has the objective of identifying animals that are adapted to the production environment and improve economic benefits, and encourage their use. The best selection tool is the Expected Progeny Difference (EPD/DEP) which is obtained for different traits by the national genetic evaluation systems. Uruguay has genetic evaluation systems in place for Aberdeen Angus, Hereford and Braford breeds. The SRGen software facilitates the data recording for genetic evaluations in general, as well as the reproductive events of the herd in order to obtain the genetic evaluation of reproductive traits. Direction and velocity of genetic improvement by selection are discussed, including some considerations regarding the new EPD for mature weight. A selection index summarises in one value the economic impact in a production system. The process of developing the selection index for calf cow systems (INDICE CRIA) and the current progress

[1]Ing. Agr., PhD. Programan Nacional de Carne y Lana, INIA La Estanzuela.
[2]Ing. Agr., PhD. Programan Nacional de Carne y Lana, INIA Las Brujas.
[3]Ing. Agr., PhD. Programa Nacional de Carne y Lana, INIA Tacuarembó.

in the other beef breeds are described. Considerations on the incorporation of genomic information to the genetic evaluation are discussed.

Key words: beef cattle, genetic breeding

INTRODUCCIÓN

Los programas de mejoramiento genético de una raza tienen como objetivo identificar y promocionar los animales que se adapten a las condiciones de producción existentes y que al mismo tiempo mejoren el beneficio económico de las explotaciones. Para esto es necesario valerse de información objetiva y precisa sobre los reproductores, que permita tomar decisiones de selección y hacer un uso diferencial de los mismos. Para lograrlo es necesario conocer cuáles son las características económicamente relevantes, disponer de un sistema de captura de información, procedimientos de evaluación genética y por último el uso de la información al momento de la selección.

La mejor herramienta para seleccionar los reproductores es la diferencia esperada en la progenie (DEP o EPD de su sigla en inglés), que estima el desempeño promedio esperado de los hijos de un determinado reproductor en relación a una base de comparación (promedio de la raza o promedio de la cabaña). Los EPDs se expresan como desvíos positivos o negativos en relación a esta base y se obtienen de procedimientos conocidos como evaluaciones genéticas poblacionales. A tales efectos, las sociedades de criadores con la colaboración de INIA y la Universidad de la República realizan esfuerzos importantes en proveer evaluaciones genéticas que brinden esta información. En bovinos para carne el país cuenta en la actualidad con las evaluaciones genéticas poblacionales para las razas Aberdeen Angus, Braford y Hereford. en tanto la raza Limousin se encuentra en etapa de recolección de datos que le permita contar próximamente con una evaluación genética poblacional.

En este proceso es importante reconocer la fortaleza de las sociedades de criadores nacionales en haber promovido en forma consistente la existencia de una sola evaluación genética por raza, evitando así confusión en la información disponible de los reproductores nacionales.

CAPTURA DE REGISTROS

La materia prima de las evaluaciones genéticas son los registros, entendiéndose por registros la información de identificación individual, genealógica y productiva de los animales. En esta etapa se define la calidad potencial de las evaluaciones genéticas, siendo necesario contar con información completa y precisa para obtener resultados confiables.

Los registros de genealogía son recabados rutinariamente por la Asociación Rural del Uruguay, registrando información de nacimientos, servicios y genealogía de animales pedigree y puro controlado así como de las importaciones realizadas (semen, embriones, animales en pie).

La información productiva es capturada por el Servicio de Reproductores de INIA La Estanzuela, llevándose en forma rutinaria registros de características de crecimiento (peso al nacer, peso al destete, peso a los 15 meses, peso a los 18 meses y peso adulto de la vaca), mediciones de ultrasonografía y de circunferencia escrotal.

Desde 2010 se está realizando en forma no obligatoria, la recolección de datos de reproducción con el objetivo de generar una base de datos que permita obtener una evaluación genética para características reproductivas de hembras, hoy muy pobremente representadas por la circunferencia escrotal. La ausencia de mejores estimadores de la habilidad reproductiva genética de los rodeos se debe a dos factores principales, el primero de ellos es la dificultad de recabar la información necesaria para realizar las evaluaciones genéticas de estas características y en segundo lugar la baja heredabilidad de las características reproductivas, y consecuen-

temente al poner énfasis en la selección de las mismas se obtiene un progreso genético lento. No obstante, dada la relevancia productiva y económica de estas características es necesaria su inclusión en los programas de mejora genética.

A pesar de las limitantes planteadas, las cabañas participantes de las evaluaciones genéticas están enviando información de servicios y de pariciones al Servicio de Reproductores de INIA La Estanzuela. Para facilitar y asegurar la calidad y consistencia de esta información, INIA en conjunto con las sociedades de criadores ha desarrollado un software de registro.

SRGen: UN SOFTWARE PARA FACILITAR EL REGISTRO DE LOS EVENTOS DEL RODEO

El SRGen es un programa desarrollado por INIA que está siendo actualmente usado para el registro de la información reproductiva enviada por los cabañeros hasta la fecha. El mismo se está comenzando a utilizar directamente por los cabañeros este año. Su diseño ha contemplado los diferentes sistemas desarrollados a nivel internacional (BIF, BIOS, Breedplan, ICAR).

Este sistema se basa en un seguimiento de todos los eventos productivos y reproductivos de las vacas a lo largo de su vida, independientemente que la vaca se preñe o no, y donde es importante el registro de los motivos por los que una vaca no se encuentra en el rodeo en determinado momento. Para el cumplimento del objetivo, es importante también poder distinguir entre un descarte de una vaca por problemas reproductivos o por una oportunidad de venta, u otras razones.

El SRGen se divide en 6 módulos:

Módulo de stock del rodeo. Se definen todas las hembras que están en el rodeo, terneras, vaquillonas, vacas. Es importante en esta instancia detectar los animales que ya no están y declarar el motivo por el cual no se encuentran en el rodeo (venta, muerte, refugo, etc.).

Módulo de padres. Aquí se declaran los toros que van a ser usados en la estación de servicio que se va a comenzar, su nombre, registro genealógico y la información que se tenga de los mismos.

Módulo de servicios. En este módulo se asignan las vacas en stock a ser entoradas en la estación de cría, a los diferentes lotes de entore. Se registra si es entore por monta natural o inseminación y se registran fechas y si hay tratamiento hormonal. Es aquí donde se asigna el toro utilizado con cada vaca y si el servicio cuenta con repaso o no.

Módulo de pariciones. Aquí se registran los nacimientos e identificación de los terneros, se identifica la fecha y dificultad del parto, el sexo y el peso al nacer. Los nacimientos que no tienen servicio/entore correspondiente registrado, podrán ser agregados en esta instancia. Sin embargo, la calidad de dicha información no será considerada igual a la registrada en el módulo 3. Se deberá especificar motivo por el cual vacas con servicio registrado no tienen parto.

Módulo de destete. En este módulo se registran las pesadas al destete de los terneros y de sus madres junto con su condición corporal. Aquí es relevante mantener una estricta identificación de códigos y lote de manejo ya que la definición de grupo contemporáneo para esta característica se definirá aquí. Se debe recordar la necesidad de contar en el mismo grupo contemporáneo de hijos de por lo menos dos toros sujetos al mismo manejo y en el mismo lote, evitando que tengan más de 90 días de diferencia de edad.

Módulo pesadas pos destete y circunferencia escrotal. Aquí se registrarán las pesadas de los 15 y 18 meses así como la circunferencia escrotal. Al igual que en el módulo anterior es necesario una correcta identificación de manejo y lote para poder asignar los grupos contemporáneos adecuadamente.

Otras aplicaciones que dispondrá el software son un módulo de diagnóstico de gestación, la generación a partir de los listados de servicios y nacimientos de las declaraciones juradas de servicios así como el re-

gistro de nacimientos para ARU, así como reportes que resuman los manejos realizados en el rodeo.

El SRGen permitirá registrar la información actualmente utilizada en las evaluaciones genéticas así como la información reproductiva a incorporar. A medida que se disponga de una base de datos completa con información de varios años, se podrán analizar nuevas características como preñez en vaquillonas, capacidad de permanencia de los vientres en el rodeo, longevidad, u otras. A partir de ellas será posible generar nuevos índices que optimicen el retorno económico de las decisiones de selección.

EVALUACIONES GENÉTICAS

Desde el inicio del proceso de evaluaciones genéticas se verifica un crecimiento sostenido en el número de cabañas y de animales que participan de las mimas. Considerando el período 1990-2010 las cabañas que participaron de evaluaciones genéticas se multiplicaron por 3,5 y los animales se triplicaron. Si bien las características evaluadas no son las mismas para las tres razas evaluadas (Cuadro 1), de forma general se ha cumplido o se desarrollará un proceso similar entre ellas. En etapas iniciales las evaluaciones genéticas nacionales en bovinos para carne proporcionaron DEP para peso al destete, a los 15 y 18 meses y habilidad lechera. En etapas posteriores fueron incorporados los DEPs para el peso al nacer, la circunferencia escrotal, y más cercanas en el tiempo se generó información para características asociadas a calidad de canal, medidas por ultrasonografía tales como el área del ojo de bife, el espesor de grasa subcutánea y en último término la grasa intramuscular del bife. El pasado año fue publicado el EPD de peso adulto para la vaca de cría para la raza Hereford y adicionalmente para esta raza se ha desarrollado e incorporado un índice de selección para rodeos de cría con invernada de vacas (INDICE CRIA). El peso adulto es una característica que está siendo analizada en la raza Aberdeen Angus.

Para Braford, de más reciente incorporación a la evaluación genética poblacional, las acciones se concentraron en las características de crecimiento y en el presente año se comenzó a tomar registros de ultrasonido para generar DEPs para área del ojo de bife y espesor de grasa subcutánea. Como fuera mencionado la raza Limousin ha comenzado a colectar información pensando que en un futuro cercano que por esta le permita realizar la evaluación genética de sus animales.

Cuadro 1. Características consideradas y publicadas en el año 2012 en las evaluaciones genéticas poblacionales en bovinos para carne para las razas Hereford, Aberdeen Angus y Braford

Característica	Hereford	Aberdeen Angus	Braford
Peso al Nacer	✓	✓	✓
Peso al Destete	✓	✓	✓
Habilidad Lechera	✓	✓	✓
Peso a los 15 meses	✓		✓
Peso a los 18 meses	✓	✓	✓
Circunferencia Escrotal	✓	✓	
Área de ojo del Bife	✓	✓	
Espesor de Grasa Subcutánea	✓	✓	
Grasa intramuscular		✓	
Peso Adulto	✓		
Índices de Selección	Índice de Cría		

La existencia de nuevos EPD/DEP publicados, permite seleccionar animales superiores mediante nuevas pautas y con mayor flexibilidad. Hasta ahora, la selección de reproductores únicamente por el DEP de peso a 18 meses determinaba necesariamente un incremento en el tamaño de las vacas. Esto si bien puede ser deseable hasta cierto punto, tiene como contraparte un aumento de los requerimientos nutricionales del rodeo. La inclusión del EPD de Peso Adulto en la evaluación genética, hace posible la selección de animales de alto crecimiento sin incrementar los requerimientos de las vacas de cría en nuestros sistemas pastoriles (Figura 1).

Como ejemplo se puede observar en la Figura 1, que dentro de los animales que tienen un determinado EPD para peso a 18 meses (flecha azul), existen animales con EPD altos para peso adulto de la vaca y animales con EPD bajos para esta característica (flecha roja). De esta manera, la incorporación del EPD para peso adulto de la vaca, permite incrementar la capacidad de crecimiento de nuestros rodeos sin aumentar el peso de los vientres.

Es importante remarcar que el EPD Peso Adulto de la vaca es una predicción del peso adulto de la vaca. Para este EPD se utiliza la primera pesada disponible de la vaca como madre al momento del destete de su ternero. Este peso se corrige, llevándolo al equivalente de una vaca de 5 años de edad. Estudios preliminares a nivel nacional han mostrado que el peso de las vacas sigue aumentando luego de los 5 años de edad. Sin embargo, como hay una correlación genética entre el peso de la vaca a lo largo de su vida, su primer pesada es suficiente para esta predicción.

DIRECCIÓN DE LA MEJORA GENÉTICA

Como fuera mencionado existe abundante información sobre DEP/EPD para varias características de diferentes aspectos productivos al mismo tiempo. Sin embargo la mayor cantidad de información puede generar cierta confusión a la hora de elegir reproductores para su uso en un rodeo en particular, ya que implica un proceso de priorización entre las distintas características disponibles. Es clave definir cuál es la mejor combinación de DEPs de acuerdo a los objetivos productivos y comerciales de cada productor, lo cual lleva implícito una ponderación de cada una de las características. Para facilitar este proceso se ha gene-

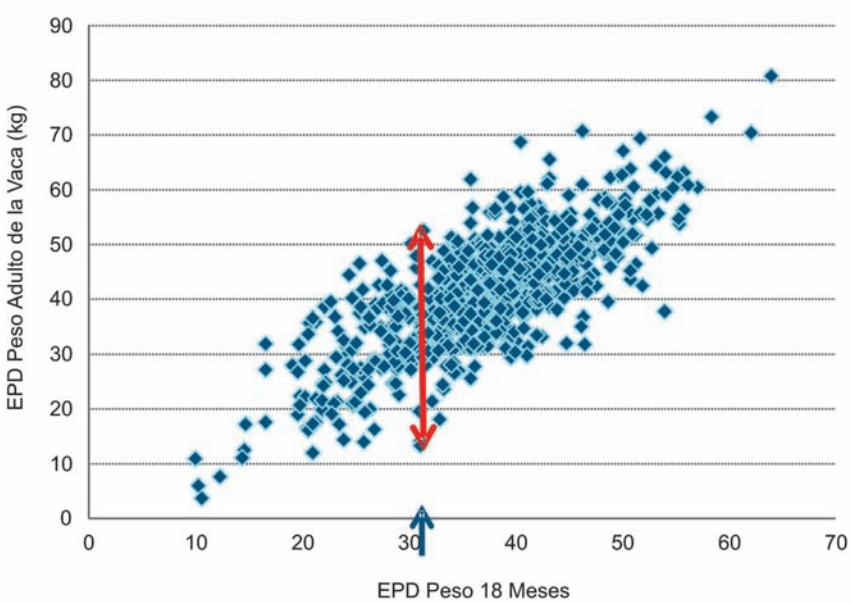


Figura 1. Correlación genética entre el EPD del peso a los 18 meses y el peso adulto de la vaca para la raza Hereford.

rado una herramienta llamada «índice de selección». Los índices permiten sintetizar en un solo valor, el impacto económico de una combinación dada de características biológicas en el sistema de producción. Para elaborar estos índices se predice el efecto económico que tendrá el uso de determinado reproductor con ciertas aptitudes en nuestro sistema a través de su descendencia, por sus efectos sobre los ingresos (ej.: producción de carne) y sobre los costos (ej.: costos de mantenimiento).

En Uruguay el proceso de desarrollo de índices de selección comenzó en la década del 90 con una consultoría realizada por el Dr. Raúl Ponzoni e impulsada por la Facultad de Agronomía, seguida posteriormente por una serie de trabajos de investigación (Urioste *et al.,* 1998, Soares de Lima 2009, Pravia 2010). Todas estas contribuciones generaron los conocimientos y aportes necesarios para que el Uruguay pudiera disponer del primer índice de selección en ganadería para carne y que tuvieran una aplicación comercial.

El equipo técnico del INIA junto a productores e integrantes de la comisión de mejoramiento genético de la Sociedad de Criadores Hereford del Uruguay definió en esta primera instancia el desarrollo de un Índice de Selección para un sistema de cría con invernada de vacas. Para ello fue necesario definir el escenario productivo y de mercado donde estimar los valores económicos de las características de interés definidas como objetivos de selección. En el sistema propuesto se comercializan terneros machos al destete y las terneras excedentes, mientras que las vacas que salen del rodeo por edad o por detectarse vacías al diagnóstico de gestación, se terminan sobre pasturas mejoradas y se venden como vacas gordas. Esta decisión responde a la consideración económica de que los altos precios históricos de esta categoría (vaca gorda) respecto al precio del ternero (en relación a otros países), determinan condiciones atractivas para el negocio de invernada de vacas en nuestro país.

Las características biológicas y económicamente relevantes para este sistema fueron en orden decreciente: porcentaje de preñez, peso al destete, habilidad lechera, facilidad de parto y peso adulto de la vaca. El índice de cría se construyó a partir de los EPDs disponibles maximizando la correlación genética entre la combinación de estas características y el índice resultante.

El índice de cría Hereford está expresado en base 100, siendo 100 el valor promedio de los animales Hereford nacidos en el período de 5 años desde 2007 y 2011. En este contexto, un animal índice 140 generará 40% más de ingresos que un animal índice 100.

Si bien el ÍNDICE CRÍA es un avance significativo en cuanto a disponer de una indicación clara de la dirección de selección, es necesario llegar a disponer de uno o varios índices de forma de contemplar toda la cadena de producción, específicamente la etapa de engorde, la cual no está cubierta por el ÍNDICE CRÍA .

Este camino ya ha sido iniciado también por la Sociedad de Criadores Aberdeen Angus a través de un proyecto liderado por la Facultad de Agronomía en la generación de un programa que permita modelar diferentes escenarios y visualizar los distintos índices resultantes. Esto servirá de insumo para la sociedad, el equipo de Facultad y al equipo de INIA para llegar a generar el o los índices de selección a usarse por la raza.

VELOCIDAD DE LA MEJORA GENÉTICA

En la medida que las herramientas de selección son utilizadas en forma intensiva, se podrán ver las tendencias genéticas resultantes de dichas decisiones de selección. A continuación se presentan las tendencias genéticas de la raza Aberdeen Angus para peso a los 18 meses y peso al nacer, que muestra la capacidad de incrementar el peso a los 18 meses manteniendo estable el peso al nacer (Figura 2).

Tendencias similares se observan para la raza Hereford para éstas dos características. En esta última raza se dispone del Indice de Cría el cual permite contar con la tendencia genética para resultado económico de establecimientos criadores con invernada de vacas (Figura 3).

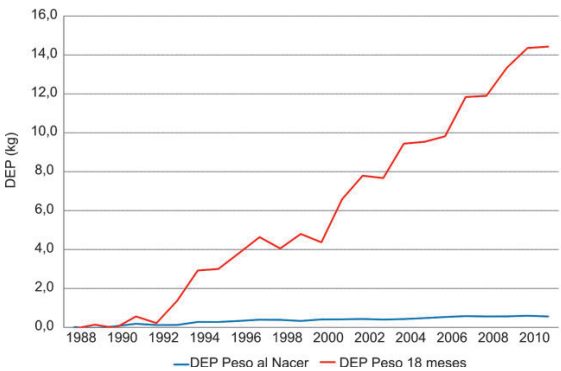


Figura 2. Tendencia genética para peso al nacer y peso a los 18 meses de la raza Aberdeen Angus.

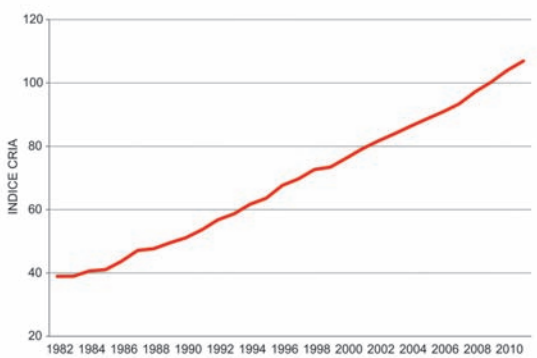


Figura 3. Tendencia genética para ÍNDICE CRÍA para la raza Hereford.

INCORPORACIÓN DE INFORMACIÓN GENÓMICA A LAS EVALUACIONES GENÉTICAS

En la última década se han dado avances significativos en el uso de la información genómica de los animales. Es así que en varios países ya se dispone de DEPS/EPDs Mejorados (Improved EPD). Estos son una combinación entre el EPD tradicional hoy disponible para las diferentes razas en el Uruguay y el EPD genómico. Para la obtención de este último se requiere de dos componentes, el primero disponer de la información genómica del animal. Es necesario entonces genotipar cada animal con uno de los chips disponibles en plaza. Hoy por un costo aproximado de 100 u$ se puede obtener genotipados de 6.000, 50.000 y hasta 770.000 SNPs. Para poder traducir ese genotipado en un EPD genómico es necesario disponer de las ecuaciones de predicción, que nos informan cuanto aporta cada genotipo a cada una de las características evaluadas. Estas ecuaciones de predicción se calculan a partir de las llamadas poblaciones de entrenamiento, debiendo disponer de poblaciones de entrenamiento para cada raza y para cada país, siendo relevante el tamaño y conformación de las mismas. En este contexto, quienes aportan mayor información a dichas poblaciones son los padres más utilizados de la raza, ya que los mismos tienen precisiones altas. También es importante que los animales estén bien conectados con la población total en evaluación genética, es decir es importante que ambas poblaciones estén lo más emparentadas posible.

El Uruguay ha avanzado en este sentido, a través de esfuerzos realizados por la Sociedad de Criadores Hereford del Uruguay con el INIA en almacenar en el Banco de ADN de INIA Las Brujas, ADN de más de 1300 animales Hereford, de los cuales 630 ya están genotipados con el chip de 50.000 SNP.

Una vez que se disponga de una población de entrenamiento nacional, se podrá contar en el futuro con un EPD genómico que podrá ser incorporado al EPD tradicional dando lugar al EPD mejorado. Se prevé que ésta herramienta podrá incrementar la precisión de las estimaciones genéticas en animales que aún no han tenido hijos y así mejorar aún más las tendencias genéticas observadas y que abra el camino para ser más eficientes en la incorporación de características que no se pueden medir a nivel de las cabañas que alimentan las bases de datos.

El mayor conocimiento genómico de los animales y su relación con los datos productivos nos ha enseñado la importancia de mantener y fortalecer los sistemas de recolección de información fenotípica, ya sea obtenidas a nivel de cabañas o a nivel de estaciones especialmente diseñadas para recolección de información como ser eficiencia de conversión, calidad de carne, etc. Esto es debido a que la gran mayoría de las relaciones que se encuentran entre los genotipados y las características productivas cambian a medida que va cambiando la

población por lo que deben ser vueltas a estimar cada cierto intervalo de tiempo.

CONSIDERACIONES FINALES

Actualmente existen sistemas de registros y programas de evaluaciones genéticas para diferentes razas bovinas del Uruguay, que brindan información al criador para ayudarlo a tomar las decisiones de selección. El objetivo final del uso de éstas herramientas es lograr tener un impacto directo sobre la producción y eficiencia de los rodeos, lo que se traducirá en mayores retornos económicos del sistema productivo.

No obstante, hay que seguir profundizado en el análisis y discusión de las metas, definiendo las características económicamente relevantes, para los sistemas de producción nacionales. Cada raza deberá definir si quiere uno o varios índices de selección, así como el marco del sistema donde producirán.

El estudio más detenido en estos modelos permitirá detectar la relevancia de las características por lo que seguramente traerá aparejado la inclusión de nuevas características a los actuales programas de mejoramiento genético, con la adecuación de los sistemas de recolección de información; así como de los procedimientos aplicados en la evaluación genética. Si bien en los últimos años se ha incrementado en forma importante el número de características evaluadas, por las mismas son aún incompletas y seguramente cambiarán en el futuro con condiciones de producción y de mercado diferentes a los actuales.

Disponer de valores genéticos (EPDs, DEPs) no asegurará que se esté logrando cambios genéticos en nuestras poblaciones; el uso de los mismos, preferentemente a través de un INDICE en la selección de los reproductores, será la herramienta con la cual sí se podrá lograr los cambios genéticos buscados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

URIOSTE, J.I.; PONZONI, R.W.; AGUIRREZABALA, M.; ROVERE, G.; SAAVEDRA, D. 1998. Breeding objectives for pasture fed Uruguayan beef cattle. Journal of Animal Breeding and Genetics 115: 357-373.

SOAREZ DE LIMA, J.M. 2009. Modelo bioeconómico para la evaluación del impacto de la genética y otras variables sobre la cadena cárnica vacuna en Uruguay. Tesis de doctoral. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. 240 p.

PRAVIA, M.I. 2010. Definición de un objetivo e índice de selección para un sistema de producción ganadero característico del Uruguay. M.Sc. Thesis. Montevideo: UDELAR - Facultad de Agronomía. 132 p.

EFECTO DE LA INTENSIDAD DE COSECHA EN LA PRODUCCIÓN Y ESTABILIDAD DE PASTURAS SEMBRADAS*

Daniel Formoso[1], Daniel Fernández Abella[2]
Pablo Boggiano[3], Claudio Aquino[4]
Alejandro Conde[4]

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la productividad y la dinámica de la composición florística de siete mezclas forrajeras (*Festuca arundinácea* cv Rizomat y *Lotus corniculatus* cv San Gabriel, *Lotus subbiflorus* cv El Rincón y *Lotus tenuis* cv El Matrero y *Festuca arundinácea* cv Vulcan con las mismas leguminosas) pastoreadas con diferente intensidad de cosecha. Como referencia, se utilizó *F. arundinácea* cv Tacuabé y *L. corniculatus* cv San Gabriel. El experimento fue instalado el 14 de mayo de 1998 en el Centro de Investigación y Experimentación «Dr. Alejandro Gallinal» (CIEDAG, 33º52' latitud sur, 55º34' longitud oeste). En cada mezcla se sembró un raigrás diploide (*Lolium multiflorum* cv Conker). Las pasturas se pastorearon con ovinos en tres intensidades de cosecha: 50, 65 y 80% con una asignación de forraje del 5%. El período evaluado incluye un total de 22 registros de corte de crecimiento. La producción anual de forraje fue diferente entre las mezclas y en el tiempo (1998 a 2001) (P<0,05). La posición topográfica de la pastura influyó en las diferencias obtenidas (P<0,05). No se detectaron interacciones ni respuestas significativas con las intensidades de cosecha (P>0,05). La mayor producción de materia seca se obtuvo en las pasturas con *L. corniculatus* en comparación con las que incluían *L. subbiflorus*. La producción de materia seca fue creciente hasta el tercer año, donde se estabiliza. *Festuca arundinácea* cv Rizomat mostró un incremento progresivo sobre el resto de los componentes de la pastura en todas las mezclas.

Palabras clave: mezclas forrajeras, intensidad de cosecha, *Festuca* sp., *Lotus* sp.

ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the productivity and the dynamics of the floristic composition of seven pasture mixtures (*Festuca arundinácea* cv Rizomat and *Lotus corniculatus* cv San Gabriel; *Lotus subbiflorus* cv El Rincón and *Lotus tenuis* cv El Matrero and *Festuca arundinácea* cv Vulcan with the same three legumes) grazed with different intensities of harvest. The mixture *F. arundinácea* cv Tacuabé and *L.corniculatus* cv San Gabriel was used as pasture control. The experiment was established on 14 May 1998 in the research center «Dr. Alejandro Gallinal» (CIEDAG, 33º52' S, 55º34' W). A diploid ryegrass (*Lolium multiflorum* cv Conker) was sown in each pasture. The pastures were grazed with sheep in three intensities of harvest: 50, 65 and 80% according to the amount of dry matter available and the growth during the grazing time, and with an herbage allowance of 5% for

*Adaptado del trabajo presentado para optar al Título de Ingeniero Agrónomo.

[1]Ing. Agr., MSc. Consultor del Programa Pasturas y Forrajes (INIA), Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL), Facultad de Ciencias Agrarias (UDE).
[2]Ing. Agr., PhD. Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL), PDU Rumiantes, Regional Norte.
[3]Ing. Agr., PhD. Dpto Producción Animal y Pasturas, Producción y Utilización de Pasturas, Facultad de Agronomía.
[4]Estudiante de grado de la Facultad de Agronomía.

all harvest intensities. The period of evaluation includes 22 samples of pasture growth. The total annual herbage production was different between mixtures and time, 1998 to 2001 (P<0.05). The topographic position of pasture influenced the production obtained between mixtures (P<0.05). No interactions or significant differences were found with harvest intensities (P>0.05). The highest dry matter production was obtained in the pasture with *L. corniculatus* compared with pastures that included *L. subbiflorus*. The production of dry matter of the mixtures was increased until the third year, from which there is a tendency to stabilize. *Festuca arundinácea* cv Rizomat showed a progressive increase over other components of the pasture in all mixtures.

Key words: Pasture mixtures, harvest intensities, *Festuca* sp., *Lotus* sp.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas ganaderos, la inclusión de especies seleccionadas por su productividad permite la elaboración de mezclas forrajeras cuya finalidad es incrementar los resultados físicos del sistema y su rentabilidad.

Berretta y do Nascimento (1991), definen este tipo de pasturas como «zonas de pastoreo bajo un relativo manejo intensivo desde el punto de vista agronómico y cultural, consistiendo en una comunidad de plantas que no están adaptadas al ambiente natural y que, por lo tanto, requieren tratamientos culturales frecuentes tales como: fertilización, control de malezas y riego, para el mantenimiento de la composición florística».

La definición expresada por ambos autores muestra la necesidad de poseer un conocimiento exhaustivo de la morfofisiología de las especies que se seleccionen y que conduzca a la estabilidad y persistencia. Sin embargo, Jones y Mott (1980) en una revisión de diversos autores, comunican que la inestabilidad puede ser deseable, aceptable o indeseable. La inestabilidad deseable ocurre cuando algunas especies improductivas son reemplazadas por otras más deseables mientras que la inestabilidad es aceptable cuando una especie es remplazada por otra igualmente útil. Por último, la inestabilidad es no deseable cuando especies agronómicamente útiles son remplazadas por invasión de especies menos productivas.

En pasturas inestables, los cambios florísticos son más fáciles de visualizar y reflejan reclutamiento, supervivencia y muerte de los individuos involucrados siendo evidente en especies anuales. En pasturas perennes la muerte de plantas, raíces, tallos y estolones muchas veces no es tan evidente hasta que un manejo incorrecto acelera la desaparición de especies preferidas y su remplazo por especies inferiores.

Por su parte, el manejo del pastoreo tiene incidencia en la dirección de los cambios que pueden ocurrir en la composición de la pastura. Entre los elementos que componen el manejo, la utilización del forraje es de fundamental importancia, porque cuantifica la proporción de forraje acumulado que es consumido (Holmes, 1980; Berretta y do Nascimento, 1991) o destruido (Berretta y do Nascimento, 1991) por los animales y puede abarcar valores inferiores al 50% hasta superiores al 90%. Según Campbell (1966), el forraje utilizado puede ser definido como la proporción removida por el pastoreo en relación con lo que había inicialmente, más el crecimiento del forraje durante ese período.

El porcentaje de utilización aumenta siempre en relación directa con el incremento en la presión de pastoreo, aunque conduzca a menores ganancias individuales. A medida que aumenta el porcentaje de utilización, la altura y cantidad del forraje rechazado disminuyen (Vaz Martins y Bianchi, 1982), generándose una relación inversa entre las eficiencias de crecimiento y utilización de forraje, siendo baja la tasa de crecimiento en tapices pastoreados severamente y alta la eficiencia de utilización (Hodgson, 1990). Este autor agrega que la eficiencia de utilización del forraje desciende progresivamente con el incremento en la asignación de forraje, por lo cual, se da una relación inversa entre consumo de forraje por animal y eficiencia de utilización de forraje (Hodgson, 1990).

Es importante considerar que el manejo de la disponibilidad, asociada con la estructura del forraje de las comunidades vegetales, es uno de los componentes más importantes en determinar la eficiencia productiva de los sistemas pastoriles (Montossi *et al.,* 1998). En este sentido, dado que los animales seleccionan generalmente el forraje más tierno, verde y hojoso, el cual es de digestión más rápida, la velocidad de pasaje por el tracto digestivo es acelerada y por consiguiente el consumo se ve incrementado (Parsons e Ison, 1994). Por otra parte, la defoliación realizada por los animales tiene consecuencias más severas en las plantas individuales que sobre la producción total de una pastura (Ferraro y Oesterheld, 2002).

A su vez, es destacable el cuestionamiento al término porcentaje de utilización de una pastura que presenta Carvalho *et al.* (2004). Este autor sugiere que el término anterior se confunde con porcentaje o eficiencia de cosecha del forraje, y que se encuentra en relación inversa con el porcentaje de utilización referido como consumo/producto.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo y la dinámica de especies forrajeras (*Festuca arundinacea*, *Lotus subbiflorus*, *Lotus corniculatus* y *Lotus glaber*), pastoreadas con diferentes intensidades de cosecha, para elaborar prácticas de manejo que permitan sostener la productividad de forraje con adecuado balance y persistencia entre los componentes de la pastura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y manejo del experimento

El experimento fue realizado en el Centro de Investigación y Experimentación «Dr. Alejandro Gallinal» (CIEDAG, 33º52' S, 55º34' W), perteneciente al Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL), ubicado en la localidad de Cerro Colorado, en el km 140 de la ruta nacional Nº 7, en el departamento de Florida.

Los suelos predominantes corresponden a la Unidad 5.02b, (Brunosoles subéutricos típicos), según URUGUAY. MAP. DSF (1979).

El 14 de mayo de 1998 sobre un campo natural sometido a pastoreo continuo desde 1984 a una carga de 0,8 unidades ganaderas/ha y relación ovino/bovino de 2 a 1 (Formoso y Gaggero, 1990), se sembraron siete mezclas forrajeras en parcelas de 0,27 ha con el método de siembra directa. El tapiz nativo fue preparado el 24 de abril aplicando 2 litros/ha de glifosato, posterior a un pastoreo de 10 días con 1,12 UG/ha.

Las especies sembradas fueron *Festuca arundinacea* cv Rizomat (en adelante FR) asociada con *Lotus corniculatus* cv San Gabriel, *Lotus subbiflorus* cv El Rincón y *Lotus tenuis (L. glaver)* cv El Matrero (en adelante LC, LR y LT, respectivamente) y *Festuca arundinacea* cv Vulcan (en adelante FV), asociada con las mismas leguminosas. Como mezcla de referencia, se sembró *F. arundinacea* cv Tacuabé (en adelante FT) asociada con *L. corniculatus* cv San Gabriel. La densidad de siembra de *F. arundinacea* fue de 12 kg/ha para todos los cultivares, mientras que las leguminosas se sembraron al voleo a 10 kg/ha, exceptuando *L. subbiflorus* que fue sembrado a 5 kg/ha.

Con cada una de las mezclas se sembró un raigrás diploide *Lolium multiflorum* cv Conker, (en adelante RG) a 20 kg/ha, también en directa pero en sentido transversal a la siembra de *Festuca* sp. El objetivo de incluir raigrás en la mezcla fue disponer de forraje para pastoreo en el primer año de la evaluación.

La fertilización inicial se realizó con un fertilizante binario (28-28-0) a 200 kg/ha. Las refertilizaciones se realizaron con similar fertilizante y cantidad en 1999, 2000 y 2001. En 2002 se aplicaron 100 kg/ha de la fórmula 20-40-0.

El diseño de parcelas consistió en subdividir cada parcela en tercios de 0,09 ha y pastorearlas con ovinos por la facilidad de manejo, calculando un porcentaje de cosecha del forraje de 50, 65 y 80%. Estos porcentajes se mantuvieron inalterados para cada subparcela. El cálculo de la cantidad de ovinos necesarios para cada pastoreo se obtuvo aplicando las siguientes fórmulas asumiendo que el crecimiento de la pastura en el período sería consumido en su totalidad:

$$\text{Peso vivo total (kg)} = \frac{\text{(Forraje cosechable + crecimiento) x área de pastoreo x 100}}{\text{Asignación de forraje x días de pastoreo}}$$

$$\text{Cantidad de ovinos en pastoreo} = \frac{\text{Peso vivo total (kg)}}{\text{Peso vivo individual promedio (kg)}}$$

La asignación de forraje (cantidad de forraje cada 100 kg de peso vivo) y los días de pastoreo se fijaron en 5% y 20-25, respectivamente.

El forraje disponible estimado para los distintos porcentaje de cosecha, y la contribución en peso seco de los principales componentes de la vegetación (expresados en kg ha^{-1}), se obtuvieron mediante la técnica BOTANAL (Mannetje y Haydock, 1963).

Los componentes de la vegetación se establecieron con las especies sembradas y la vegetación nativa (en adelante VN) integrada principalmente de gramíneas estivales e invernales perennes [*Axonopus affinis* Chase, *Setaria geniculata* Lam, *Panicum hians* (Nees et Trinius), *Piptochaetium stipoides* (Trin. et Repr.)] y hierbas enanas [*Oxalis* sp, *Evolvulus sericeus* Sw, *Hypochoeris microcephala* (Sch.Bip), *Chevreulia sarmentosa* (Pers), *Chaptalia piloselloides* (Vahl)]; y las gramíneas invernales anuales (en adelante GIA), [*Gaudinia fragilis* (L) Beauv, *Vulpia australis* Nees, *Poa annua* (L)].

El crecimiento de la pastura (producción) se obtuvo cortando dentro de una jaula de exclusión una superficie de 50 x 20 cm con tijeras de esquilar a una altura de 1-2 cm, previa homogenización del tapiz con bordeadora automotriz antes de colocar la jaula. La cantidad de jaulas utilizadas fueron tres por mezcla, o sea una por eficiencia de cosecha. Los cortes de crecimiento y los cortes protocolares exigidos por la técnica BOTANAL fueron secados en una estufa de aire forzado a 60°C durante 48-72 horas, y expresados en kg de materia seca (MS)/ha.

El período evaluado incluyó un total de 22 registros de corte de crecimiento de la pastura que abarcan desde el 12/5/1999 al 14/4/2003. Estos cortes fueron divididos en cuatro períodos con un total de 5,5 registros por período que sumados conforman un rendimiento anual de producción de forraje para cada mezcla y su correspondiente porcentaje de cosecha.

Análisis estadístico

La distribución estadística de los registros de crecimiento (MS) obtenidos con los cortes en las jaulas de exclusión fue analizada mediante el test de Shapiro Wilks modificado (parámetro W), que contrasta la hipótesis nula de que las observaciones de la variable en estudio tiene una distribución normal (H_0), con la hipótesis alternativa de la no distribución normal (H_1) con un nivel de significación de $P<0,05$.

El grado de ajuste de las observaciones fue corroborado mediante un gráfico cuantil-cuantil (q-q plot) obtenido mediante el ajuste de regresión lineal ente los cuantiles observados versus los cuantiles de la distribución seleccionada, en este caso la distribución normal.

El diseño experimental fue establecido como parcelas subdivididas en bloques al azar, donde la parcela principal fueron las mezclas, las subparcelas fueron los porcentaje de cosecha y una nueva división correspondiente a cada período de crecimiento, aplicándose el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_l + \beta_j + X_k + \delta_{ij} + \Phi_{ik} + \gamma_{jk} + \eta_{ijk} + \Ъ_l + p_{il} + sp_{jil} + ssp_{kjil} + \varepsilon_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl}: es la respuesta de la l-ésima observación a los efectos del k-ésimo factor asociado a la sub-subparcela (k=1 a 4), el j-ésimo factor asociado a subpacela (j=1 a 3) y el i-ésimo factor asociado a la parcela principal (i=1 a 7).

El k-ésimo factor asociado a la subparcela, es el tiempo o los años.

El j-ésimo factor corresponde a los porcentajes de cosecha.

El i-ésimo factor corresponde a las mezclas.

μ: media general del experimento.

α_i: efecto del i-ésimo nivel del factor asociado a las parcelas principales. Este efecto es fijo y el nivel del factor corresponde a las mezclas.

β_j: efecto del j-ésimo nivel del factor asociado a las subparcelas dentro de las parcelas principales. Aquí también el efecto es fijo y el nivel del factor corresponde a las eficiencias de cosecha.

χ_k: efecto del k-ésimo factor asociado a las sub-subparcelas (dentro de las subparcelas). Efecto fijo, correspondiendo al tiempo o los años el nivel del factor asociado.

$\delta_{ij} + \Phi_{ik} + \gamma_{jk} + \eta_{ijk}$ corresponden a las interacciones entre los factores tiempo, porcentaje de de cosecha y mezclas.

$b_l \sim N(0,\sigma_b^2)$, $p_{il} \sim N(0,\sigma_p^2)$, $sp_{jil} \sim N(0,\sigma_{sp}^2)$, $spp_{kjil} \sim N(0,\sigma_{spp}^2)$ y $\varepsilon_{ijkl} \sim N(0,\sigma_a^2)$

corresponderían a los términos aleatorios de los efectos de los bloques, las parcelas, las subparcelas, las sub-subparcelas y el error experimental respectivamente, suponiéndose que todos ellos son independientes. La producción total de forraje de mezclas y porcentajes de cosecha se comparó separando las medias por mínimos cuadrados ($LSD_{0.05}$).

Las estimaciones de la composición en peso seco del forraje disponible al inicio del pastoreo se promediaron por la cantidad de pastoreos dentro del período y se ordenaron con las mezclas, las eficiencias de cosecha y los períodos mediante un análisis de componentes principales (análisis multivariante) utilizando la matriz de correlación producto momento de Pearson entre variables estandarizadas (μ=0; σ=1).

La matriz de correlación permitió el cálculo de los coeficientes de combinación lineal (autovectores) y la varianza (autovalores) de las variables, buscando las relaciones que maximicen la variabilidad total mediante la obtención de componentes principales o ejes que ordenaron espacialmente las variables mezclas, porcentajes de cosecha y períodos de crecimiento de las mismas.

El ordenamiento espacial multidimensional realizado con los componentes principales fue comparado con la formación de grupos o conglomerados (clusters) mediante un proceso aglomerativo, secuencial y jerárquico, utilizando la matriz de similitudes obtenida con la medida de distancia de Mahalanobis, que calcula la distancia entre un objeto particular *j* y un grupo de objetos. Como método aglomerativo se aplicó el algoritmo de Ward (Rencher, 2002).

Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa INFOSTAT (2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor obtenido de 0,98 para el parámetro W del test de Shapiro Wilks modificado demostró que las observaciones correspondientes a la variable MS (9607,02 ± 2770,90, n=168) tienen una distribución normal (P< 0,05). Esta conclusión fue corroborada mediante el ajuste de una recta de regresión cuantil-cuantil de los valores observados con similares cuantiles obtenidos de una distribución normal (Figura 1).

La producción anual de forraje o crecimiento acumulado de las especies forrajeras sembradas asociadas con la vegetación nativa, fue diferente entre las mezclas y entre períodos de evaluación (P<0,05). Además, la posición topográfica de la pastura (bloques) influyó en las diferencias obtenidas (P<0,05), registrándose una respuesta superior de la pastura hacia la zona más baja donde el suelo es más profundo. No se detectaron interacciones (P>0,05), aunque po-

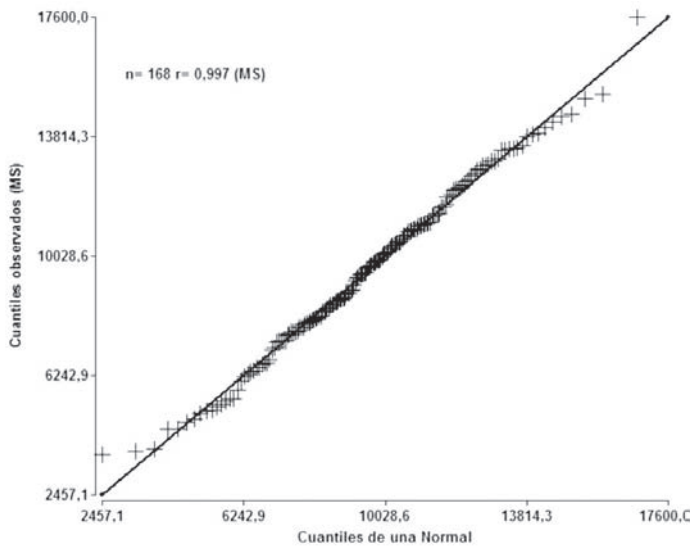


Figura 1. Cuantil-cuantil (q-q plot) para las observaciones de la variable MS (crecimiento de forraje en kg/ha MS). Coeficiente de correlación r=0,997 para n=168 observaciones.

dría observarse una tendencia a una productividad diferente según la combinación de especies forrajeras integrantes de las mezclas a medida que trascurre el tiempo a partir de su instalación (Cuadro 1).

Al comparar el rendimiento anual de forraje ajustado por la topografía (Cuadro 2), se obtuvo mayor producción de materia seca por ha en aquellas mezclas que incluían LC en comparación con las que incluían LR, lo cual es esperable dado el carácter perenne de la primera leguminosa. Además, la mezcla FRLT estuvo contaminada con LC que contribuyó a generar la diferencia entre esta mezcla y la de FRLC.

Al analizar el rendimiento a través del tiempo (años de evaluación) ajustando la cantidad de materia seca/ha por los efectos de la topografía (bloques), se obtuvo un rendimiento creciente hasta el tercer año a partir del cual la producción se estabiliza (Cuadro 3).

Esta estabilización supondría una tendencia al equilibrio de las poblaciones que integran la comunidad (especies sembradas + especies nativas) en un reordenamiento de los componentes florísticos a través de un aprovechamiento o saturación de todos los recursos disponibles (espacio, nutrientes), que ocasionalmente podrían liberarse por los pastoreos.

Cuadro 1. Efecto de la mezcla (crecimiento de especies sembradas + vegetación nativa), la eficiencia de cosecha y el año desde la instalación de las mezclas en la producción de forraje, expresada en kg/ha MS

VARIABLES	Grados de libertad	Valor F	Probabilidad
Intercepto	1	6532,2	<0,0001
MEZCLA	6	11,04	<0,0001
COSECHA (%)	2	1,31	0,2756
TIEMPO	3	88,28	<0,0001
BLOQUE	1	22,06	<0,0001
MEZCLA:COSECHA(%)	12	1,23	0,2798
MEZCLA:TIEMPO	18	1,72	0,051
MEZCLA:COSECHA(%):TIEMPO	42	0,41	0,9989

Cuadro 2. Comparación del rendimiento anual de forraje de las mezclas (kg MS/ha) ajustado por la topografía (bloques). E.E.: error estándar, LSD Fisher (α=0,05)

MEZCLA	Medias	E.E.	
FRLT	10808,33	314,49	A
FVLC	10499,17	314,49	A B
FTLC	10405,00	314,49	A B
FRLC	9894,17	314,49	B
FRLR	8875,00	314,49	C
FVLT	8567,08	314,49	C
FVLR	8200,42	314,49	C

Letras distintas en la columna indican diferencias significativas(P≤0,05).

Cuadro 3. Comparación del rendimiento anual de forraje (MS kg/ha) a través del tiempo (años de evaluación) ajustado por la topografía (bloques). E.E.: error estándar, LSD Fisher (α=0,05)

Tiempo	Medias	E.E.	
3	11155,48	237,73	A
4	10892,38	237,73	A
2	10047,86	237,73	B
1	6332,38	237,73	C

Letras distintas en la columna indican diferencias significativas(P≤0,05).

Ordenamiento espacial de las mezclas y composición del disponible en peso seco

El método multivariante de componentes principales redujo el número de variables (composición del forraje disponible en peso seco) al obtener los valores propios (autovalores) de cada variable y la proporción de la varianza explicada, seleccionando los componentes con valores propios superiores a uno y que garanticen al menos un 70% de explicación de la variabilidad (principio de parsimonia). Estas condiciones permitieron la retención de dos componentes que explicaron un 78% de la varianza total (Cuadro 4).

A su vez, los coeficientes (autovectores), que corresponden a la contribución (peso) de las variables, permitieron explicar la variabilidad capturada en los componentes retenidos y la relación con el componente (Cuadro 5). FESTUCA por ejemplo, es la variable más correlacionada con el CP1 y de mayor contribución de signo positivo (0,57), mientras que para el CP2, la mayor correlación es con LOTUS con un «peso» de 0,88.

Cuadro 4. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de la disponibilidad en peso seco de los componentes de la vegetación en las diferentes mezclas

		Proporción explicada de la varianza total	
Lambda (λ)	Valor	Absoluta	Acumulada
1	2,58	0,52	0,52
2	1,31	0,26	0,78
3	0,50	0,10	0,88
4	0,38	0,08	0,95
5	0,23	0,05	1,00

Cuadro 5. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con las variables originales

	Autovectores		Correlación con las variables originales	
Variables	**e1**	**e2**	**CP 1**	**CP 2**
FESTUCA	0,57	-0,06	0,91	-0,07
LOTUS	-0,21	0,77	-0,34	0,88
RAIGRAS	-0,39	-0,55	-0,63	-0,63
GIA	-0,49	-0,21	-0,79	-0,24
VN	-0,49	0,24	-0,79	0,28

Interpretación de los componentes

El CP1 representa al forraje disponible dominado por FESTUCA cuya abundancia o competencia excluye al resto de los componentes, sobre todo a GIA, VN y RAIGRAS en ese orden. El CP2 representa a la pastura que tiene a LOTUS como la especie dominante, excluyendo a RAIGRAS y GIA.

Estos dos últimos componentes de la vegetación están asociados en la dinámica de la pastura por su ciclo, y además comparten el mismo período de crecimiento, siendo desplazados por las especies perennes debido a la competencia que les ejercen (Figura 2).

El ordenamiento espacial de las mezclas de acuerdo a los ejes obtenidos, muestra que las mezclas que tienen Festuca Rizomat tienden a agruparse sobre el CP1 relacionado con FESTUCA. Este agrupamiento sugiere que Festuca Rizomat es una especie que tiende a dominar en las pasturas donde se incluyó. El resto de las mezclas, sobre todo las que tienen Festuca Vulcan, se asocian con los restantes componentes de la pastura, incluso con VN, mostrando que esta va-

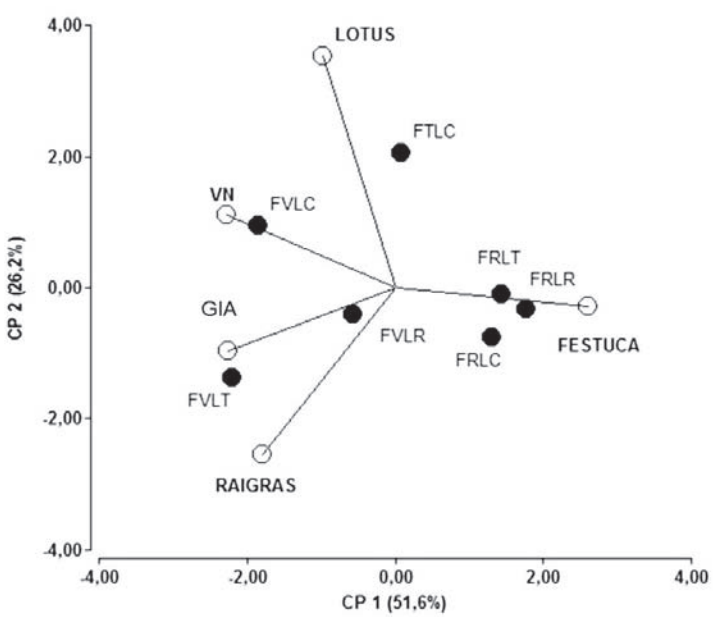


Figura 2. Ordenamiento de las mezclas con respecto a los componentes principales (CP1 y 2), su contribución a la varianza (en %) y su relación con las variables originales (componentes de la MS disponible).

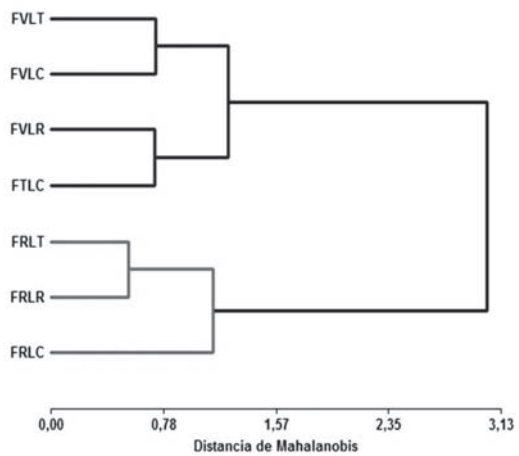


Figura 3. Dendrograma de agrupamiento de las mezclas de acuerdo con el índice de similitud (distancia) de Mahalanobis.

riedad forrajera no tiene la competitividad de FR y que tiende a ser dominada por los demás componentes, al menos en las condiciones descritas en este ensayo.

La consistencia del agrupamiento de las mezclas según los CP mencionados, fue evaluada formando grupos de acuerdo al índice de distancia (similitud) de Mahalanobis. Se tomó como punto de corte el 50 % de la distancia. De esta manera se elaboró un dendrograma, que separó las mezclas en dos grupos, que se distinguían por cultivar de Festuca. Inclusive la mezcla con Festuca Tacuabé se agrupó con las mezclas de Festuca Vulcan, en contraposición a Festuca Rizomat, lo que indica la particularidad de esta última en colonización del suelo y competencia (Figura 3).

Ordenamiento de las mezclas, porcentaje de cosecha y composición del forraje disponible en peso seco

En esta alternativa, las variables integrantes de la composición del forraje disponible en peso seco, fueron sintetizadas en tres CP que explicaron el 83% de la varianza total (Cuadro 6).

En la determinación de los autovectores (peso) de las variables y su correlación con el CP, FESTUCA está relacionada positivamente con CP1 en contraposición a GIA y VN, mientras que LOTUS y RAIGRAS lo están para los CP2 y 3 respectivamente (cuadro 7).

Interpretación de los componentes

Al elaborarse los componentes, resulta evidente que el CP1 representa a las mezclas y utilizaciones con predominio de Festuca, con exclusión de anuales invernales (GIA) y en competencia con VN. A su vez, el CP2 representa a las mezclas y utilizaciones que permiten el desarrollo de LOTUS, al igual que el CP3 con RAIGRAS.

Cuadro 6. Valores propios ó autovalores (λ) y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación para datos estandarizados de la disponibilidad en peso seco de los componentes de la vegetación en las diferentes mezclas con sus utilizaciones

		Proporción explicada de la varianza total	
Lambda (λ)	Valor	Absoluta	Acumulada
1	2,12	0,42	0,42
2	1,07	0,21	0,64
3	0,98	0,2	0,83
4	0,51	0,10	0,94
5	0,32	0,06	1,00

Cuadro 7. Autovectores (e: coeficientes de las variables) y correlación de los componentes principales (CP) con las variables originales

	Autovectores			Correlación con las variables originales		
Variables	**e1**	**e2**	**e3**	**CP 1**	**CP 2**	**CP3**
FESTUCA	0,61	-0,07	-0,09	0,89	-0,07	-0,09
LOTUS	-0,16	0,88	0,26	-0,24	0,91	0,25
RAIGRAS	-0,29	-0,29	0,83	-0,42	-0,3	0,82
GIA	-0,52	-0,34	-0,23	-0,75	-0,36	-0,22
VN	-0,50	0,15	-0,44	-0,73	0,16	-0,43

El ordenamiento espacial de las variables con respecto a los ejes, concentró las mezclas y utilizaciones en el cuadrante correspondiente al CP1 relacionado con Festuca Rizomat, lo que indicaría que esta variedad de Festuca tiende a predominar siendo relativamente poco afectada por el manejo establecido. En el caso de la mezclas con FV, la escasa presencia en la pastura de este cultivar permitió el desarrollo de los demás componentes, incluso VN, distribuyéndose las restantes mezclas y utilizaciones en los demás cuadrantes (Figura 4).

La formación de grupos (Figura 5), separó en primera instancia las mezclas con y sin Festuca Rizomat, como había ocurrido anteriormente. Sin embargo, entre las mezclas con F. Rizomat pudo separarse dos subgrupos formados por la leguminosa acompañante, LR ó LC (debe recordarse que LT estaba contaminado con LC) producto de las intensidades de cosecha sobre ambas leguminosas en particular y sobre la pastura en general.

Las demás mezclas se separaron en un grupo con FV y otro con FT, no mostrando una división consistente según la cosecha establecida. También debe recordarse que en el análisis de varianza, la cosecha no fue significativamente diferente entre porcentajes (P>0,05).

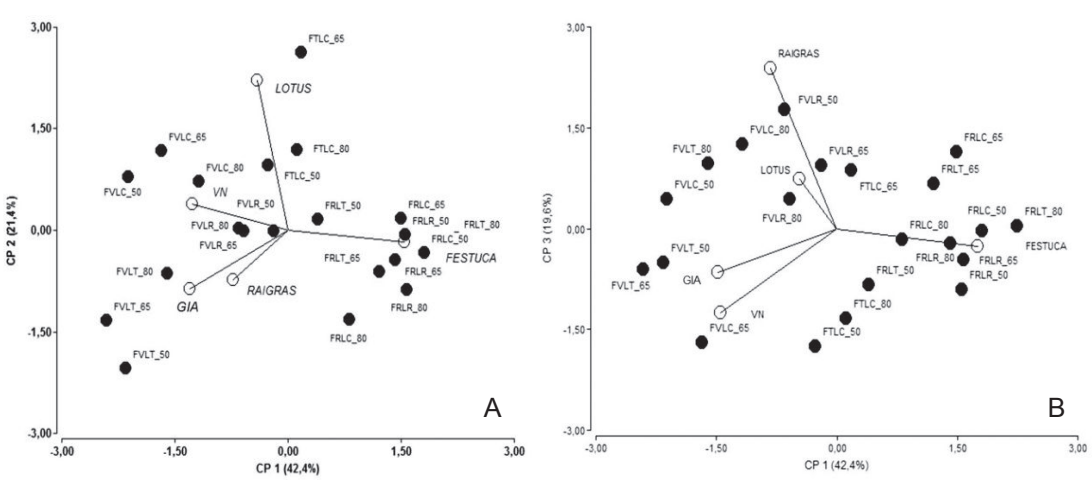


Figura 4. Ordenamiento de las mezclas y utilizaciones con respecto a los componentes principales (CP1 y 2, A; CP1 y 3, B), su contribución a la varianza (en %) y su relación con las variables originales (componentes de la MS disponible).

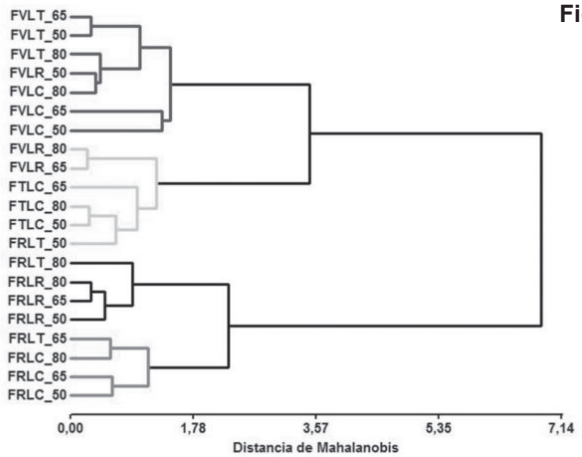


Figura 5. Dendrograma de agrupamiento de las mezclas y utilizaciones de acuerdo con el índice de similitud (distancia) de Mahalanobis

CONCLUSIONES

La producción de materia seca anual promedio por ha fue diferente para las siete mezclas forrajeras. Las mezclas consideradas de mejor producción fueron FRLT, FVLC y FTLC. El rendimiento de FVLC es debido a la leguminosa porque este cultivar de Festuca no tuvo un buen desempeño en las condiciones de instalación.

El rendimiento anual promedio de todas las mezclas se estabilizó a partir del tercer año, siendo diferentes el primero y segundo año de producción.

La composición del forraje disponible en peso seco de los pastoreos realizados durante los cuatro años de evaluación, ordenaron las mezclas y agruparon a las que incluían Festuca Rizomat. Este cultivar, por su hábito de crecimiento rizomatoso, tiende a dominar la composición de la pastura a partir del tercer año de evaluación, no siendo desplazado por la vegetación nativa y reduciendo la contribución de especies anuales productivas (raigrás).

Las cosechas parciales que se practicaron con pastoreo ovino, no tuvieron efecto sobre el rendimiento de las mezclas aunque se constataron cambios estructurales que fueron compensados por un reordenamiento entre los componentes de la pastura.

Es de destacar que el tapíz natural se recuperó luego del tratamiento con glifosato realizado para preparar el área para la siembra de las mezclas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERRETTA, E.J.; DO NASCIMENTO, J.R. 1991. En: Puignau, J. (ed.). Glosario estructurado de términos sobre pasturas y producción animal. Montevideo, IICA. PROCISUR. 126 p. (Diálogo; 32).

CAMPBELL, A.G. 1966. Grazed pasture parameters. Journal of Agriculture Science. 67: 199-221.

CARVALHO, P.C.F.; CANTO M.W.; MORAES, A. 2004. Fontes de perdas de forragem sob pastejo: forragem se perde? En: Pereira, O.G.; Obeid, J.A.; Fonseca, D.M. et al (eds.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, (2º., 2004,Viçosa, Brasil). Anais.Viçosa: Suprema Gráfica e Editora Ltda. 2004. p.387-418.

FERRARO, D.O.; OESTERHELD, M. 2002. Effect of defoliation on grass growth. A quantitative review. Oikos 98(1): 125-133.

FORMOSO, D.; GAGGERO, C. 1990. Efecto del sistema de pastoreo y de la relación ovino/vacuno sobre la producción de forraje y la vegetación del campo nativo. En: SEMINARIO DE CAMPO NATURAL (2º.,1990, Tacuarembó, Uruguay), 2º Seminario de Campo Natural. INIA, Sociedad Uruguaya de Pasturas Naturales, FAGRO, Plan Agropecuario (eds.). Montevideo: Hemisferio Sur. p. 299-310.

HODGSON, J. 1990. Grazing management: science into practice. Essex, UK: Longman Scientific

& Technical. (Longman Handbook in Agriculture). 203 p.

HOLMES, W. 1980. Grazing management. In: Holmes, W. (ed.). Grass: its production and utilization. Oxford, UK: British Grassland Society/ Blackwell. p. 130-172.

INFOSTAT. 2008. Infostat, versión 2008: manual del usuario. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, FCA/Brujas. 334 p.

JONES, R. M.; MOTT, J. J. 1980. Population dynamical in grazed pastures. Tropical Grasslands. 14(3): 219.

MANNETJE L.´T.; HAYDOCK K.P. 1963. The dry-weight- rank method for the botanical analysis of pasture. Grass and Forage Science. 18(4):268-275.

MONTOSSI, F.; BERRETTA, E.J.; PIGURINA, G.; SANTAMARINA, I.; BEMHAJA, M.; SAN JULIAN, R.; RISSO, D.; MIERES, J. 1998. Estudios de la selectividad animal sobre diferentes comunidades vegetales en la región de basalto. En: SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN EN TECNOLOGÍAS PARA BASALTO. (1998, Tacuarembó, Uruguay). Seminario de Actualización Técnica para Basalto. Berretta, E.J. (ed.). Montevideo: INIA. p.257-285 (Serie Técnica; 102)

PARSONS A.J.; ISON, R.L. 1994. Nutrición mineral. Agronomía de los Sistemas Pastoriles. 5:61-76.

RENCHER A. 2002. Methods of multivariate analysis. 2a ed. New York: Wiley and Sons. 732 p.

URUGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA. 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Descripción de las unidades de suelos. Montevideo: MAP. v 3, 452 p.

VAZ MARTINS, D.; BIANCHI, J. 1982. Relación entre distintos parámetros de la pastura y el comportamiento animal en pastoreo. En: Utilización de pasturas y engorde eficiente de novillos. Montevideo: CIAAB. p. 1-16. (Miscelánea; 28)

MANEJO DE LA CRÍA VACUNA EN CAMPOS NATURALES DE BASALTO

Elbio J. Berretta[1]

RESUMEN

La Región Basáltica ocupa alrededor de 4.100.000 ha, desde el Río Negro hacia el norte del país. Las temperaturas, precipitaciones y evapotranspiración son mayores en la parte norte. Existe una gran variación en los suelos, con profundidades que van desde la roca desnuda hasta más de 1 m. En ellos se desarrollan vegetaciones compuestas por especies de ciclo estival e invernal, con producciones de forraje variables en cantidad y calidad según los tipos productivos predominantes. Asociado a los eventos climáticos la producción de forraje es muy variable entre años, entre estaciones y dentro de las estaciones. El nivel de nitrógeno del forraje es por lo general suficiente para satisfacer las necesidades de los vacunos, en cambio el fósforo es deficitario en gran parte del ciclo productivo de los animales. Para la recría de terneras y vaquillonas en campo natural es necesario reservar potreros para la alimentación invernal con el objetivo de tener ganancias de peso bajas a moderadas; esto se consigue con bajas dotaciones. En campo natural fertilizado y mejorado con dotaciones algo mayores es posible alcanzar estas metas. Los ejemplos considerados permiten estimar la dotación según la producción de forraje de los distintos suelos y las necesidades nutritivas del animal en sus estados fisiológicos, así como determinar la mejor época de apareamiento. La dotación es el principal factor para determinar la masa de forraje, en condiciones ambientales no restrictivas. Distintas tecnologías de fácil aplicación y bajo costo permiten facilitar el manejo de la cría en condiciones pastoriles. La principal amenaza para la cría vacuna es la expansión de la frontera agrícola, que llevará la producción de vacunos y ovinos a tierras marginales.

ABSTRACT

The Basaltic Region covers about 4.100.000 ha from the Rio Negro up north the country. The temperatures, rains and evapotranspiration are higher in the north of the country. There is a large variation in the soils, with depths that goes from the naked rock up to 1 meter. In those soils developed vegetations are composed by summer and winter cycle species, with variable quantity and quality of forage production depending on the predominant productive types. Associated with the climate, the forage production is highly variable within years, within season and during the season. Nitrogen level of forage is in general enough to satisfy the bovine requirements', however, phosphorus is deficient in a large part of the productive cycle of the animals. For rearing female calves and heifers in native pasture, it is necessary to reserve paddocks to be used in during winter with the objective to attain low to moderate live weight gains and this is only achieved with low stocking rates. Similar growth rate can be achieve with fertilized native pastures or improved native pastures with higher stocking rates. The previous examples allow us to estimate the stocking rate according to the forage production of the different soils, the nutritional requirements' of the animals in their different physiological states as well as determining the best time for their breeding. Stocking rate is the most important factor for determining the forage mass in non restrictive ambient conditions. Different technologies of easy application and low cost, make easier the management of cow-calf system under grazing conditions. The most important hazard for the cow-calf system is the expansion of the agricultural surface, that would take the bovine and sheep production to marginal soils.

[1]Ing. Agr., Dr. Ing. Programa Nacional de Pasturas y Forrajes -INIA Tacuarembó -hasta 2010.

INTRODUCCIÓN

La región Basáltica se extiende por los Departamentos de Artigas, Salto, Paysandú, Tacuarembó, Rivera y Durazno, con una superficie aproximada a los 4.100.000 ha (MAP, 1979), en un paisaje de planicies, ondulaciones y pequeñas colinas que varían entre 20 y 300 m de altura sobre el nivel del mar. En algunas zonas de colinas la pendiente puede superar el 12%.

Las principales características climáticas y edáficas de esta región, limitada al norte por el río Cuareim y al sur por el río Negro, se describen someramente a continuación.

Clima

En el Uruguay, situado entre los 30° y 35° de latitud sur, el clima es subtropical templado con fluctuaciones estacionales muy marcadas. Según Corsi (1978) el clima debe considerarse como subhúmedo debido a que la evapotranspiración potencial en verano supera a las precipitaciones, lo que ocasiona deficiencias de agua en el suelo.

Temperatura

La temperatura del aire media anual del país es de unos 17,7 °C, alcanzando los 19,8 °C en la zona noroeste, Bella Unión, y alrededor de 16,6 °C en la costa sur (Castaño *et al.,* 2011). En el Cuadro 1 se muestran las temperaturas mínimas medias mensuales y anuales (°C) para algunas localidades de la región Basáltica; dichas temperaturas están más relacionadas con el crecimiento de las plantas, particularmente en los meses más fríos, tanto para especies estivales como invernales.

Las temperaturas mínimas medias tienen variaciones menores, siendo levemente más bajas de norte a sur de la región, por lo tanto no habrían mayores diferencias en el crecimiento de las especies.

Precipitaciones

Las precipitaciones medias anuales en la región basáltica varían entre 1300 y 1600 mm, aumentando desde el sur hacia el norte (Cuadro 2). La distribución espacial a lo largo del año tiene un gradiente de oeste a este en el invierno y casi de sur a norte durante el verano y otoño (Castaño *et al.,* 2011). Si bien no existe una estación seca y una estación lluviosa bien definidas, existe una gran variación interanual.

La irregularidad de las precipitaciones, tanto en periodicidad como en intensidad, se manifiesta en sequías e inundaciones que pueden ocurrir en distintas estaciones del año, siendo la principal causa de problemas en la producción de forraje.

Heladas

La cantidad de heladas, temperatura del aire ≤ 0 °C a nivel del césped, en el período mayo a octubre varía entre 20 y 25 días en el norte y cerca de 40 en el centro del país, sur de la región basáltica. El mes en que se registra el mayor número de días con heladas es julio, seguido por junio, agosto, mayo y setiembre, siendo octubre el que presenta los menores registros (Castaño *et al.,* 2011). La ocurrencia de heladas es muy variable entre años, lo que se ve reflejado en la pro-

Cuadro 1. Temperaturas mínimas medias mensuales y anuales (°C)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Año
Artigas	19,5	19,0	17,7	14,4	10,7	8,8	8,2	9,4	10,6	13,7	15,5	17,8	13,8
Salto	19,7	18,9	17,4	14,0	10,6	8,4	7,6	8,7	10,0	13,4	15,5	17,9	13,5
Rivera	18,7	18,4	17,2	14,1	10,8	8,8	8,1	9,3	10,3	13,2	15,1	17,3	13,5
Tacuarembó	18,7	18,4	17,1	13,8	10,4	8,1	7,4	8,6	9,8	12,8	14,9	17,2	13,1
Paysandú	18,4	17,8	16,6	13,4	10,1	7,6	6,9	8,1	9,3	12,3	14,5	16,8	12,6
P. de los Toros	18,7	18,3	16,9	13,5	10,0	7,4	6,7	7,9	9,3	12,3	14,6	17,0	12,7

Adaptado de: Castaño *et al.,* 2011.

Cuadro 2. Precipitaciones acumuladas medias mensuales y anuales (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
Artigas	130,9	155,2	145,0	173,1	130,4	97,8	77,2	71,3	113,2	142,7	153,7	126,3	1516,7
Salto	118,2	129,6	157,7	162,2	95,8	76,0	53,1	58,7	86,6	134,2	141,8	125,3	1339,2
Rivera	136,4	160,4	133,1	181,9	148,3	110,7	91,2	87,0	130,9	149,4	150,4	125,2	1605,0
Tacuarembó	117,6	137,8	144,7	159,3	126,8	104,1	75,2	79,0	107,1	133,5	120,2	121,4	1426,6
Paysandú	106,1	125,5	137,8	158,8	102,0	68,3	56,1	55,3	71,5	121,3	123,1	112,9	1238,6
P. de los Toros	108,1	127,5	114,7	156,3	119,4	99,3	88,4	77,3	95,7	117,7	111,6	105,9	1321,7

Adaptado de: Castaño *et al.,* 2011.

ducción de forraje en invierno. En aquellos inviernos con escasos días con heladas se registra un crecimiento de forraje que llega a duplicar el crecimiento promedio de esta estación; en cambio, cuando el número de días con heladas es alto, el crecimiento es mínimo y no alcanzaría para alimentar una oveja por hectárea.

Evapotranspiración

La evapotranspiración estimada por el método de Penman-Monteith alcanza los 1000 a 1200 mm, con los mayores valores en el noroeste del país. En verano se registran los valores más altos, 160 – 185 mm/mes y en invierno los menores, 25 – 35 mm/mes, con una baja variación interanual (Castaño *et al.,* 2011). Esta alta evapotranspiración en verano se refleja rápidamente en la vegetación de los suelos superficiales del Basalto. Debido a su baja capacidad de almacenamiento de agua, la falta de precipitaciones durante algunos días lleva a que la vegetación pierda agua rápidamente y reduzca marcadamente su crecimiento; luego de producirse precipitaciones retoman su turgencia y su crecimiento.

Suelos

Los suelos de esta región se originaron en derrames basálticos que dieron lugar a las formaciones geológicas Arapey (basaltos toleíticos) y Puerto Gómez (basaltos espilíticos). De acuerdo a su grado de desarrollo se los puede agrupar en suelos superficiales y profundos. Estos diferentes tipos de suelos se agrupan en diferentes proporciones, dentro de una misma Unidad, formando un intrincado mosaico, con cambios notables en cortas distancias. La profundidad varía desde la roca desnuda hasta más de un metro.

Las distintas Unidades de suelos se agrupan por la proporción de suelos superficiales, medios y profundos. En las Unidades Cuchilla de Haedo – Paso de los Toros y Queguay Chico predominan los suelos superficiales, ocupando una superficie de 1.645.681 ha. Los suelos medios predominan en las Unidades Curtina y Masoller, con una superficie de 893.773 ha. El área ocupada por las Unidades Arapey, Baygorria, Cuaró e Itapebí – Tres Árboles es de 1.549.737 ha, donde predominan los suelos profundos. El total de la superficie de la región basáltica es de 4.089.191 ha, algo más del 23% de la superficie agropecuaria del país (MAP, 1979).

La clasificación de CONEAT (1979) agrupa a los suelos superficiales en la zona 1 y subzonas 1.1 y 1.2, que se diferencian por la proporción que ocupan suelos superficiales, medios y profundos. En la subzona 1 predominan Litosoles pardo rojizos y Litosoles pardo oscuros y negros. El índice CONEAT de estos grupos va de 30 en el 1.10b, el más superficial y pedregoso hasta 70 en el 1.10a, que tiene suelos asociados más profundos. En la subzona 2 los suelos dominantes son Litosoles, Vertisoles de profundidad moderada y Brunosoles de profundidades moderada y superficial. El índice CONEAT de estos grupos va de 26 hasta 88.

Según CONEAT (1979) los suelos profundos de Basalto se encuentran en la zona 12, la cual se divide en dos subzonas de acuerdo a la superficie ocupada por suelos profundos y superficiales y por el grado de rocosidad y pedregosidad. En la subzona 1 dominan los suelos profundos, Brunosoles,

Vertisoles y Planosoles, asociados a suelos de menor profundidad. Estos grupos tienen un índice CONEAT variable desde 109 a 162. Los grupos de la subzona 2 tienen un 75% de suelos profundos, siendo el índice CONEAT variable entre 118 y 153.

Vegetación

La vegetación dominante en los campos sobre Basalto es herbácea, siendo los arbustos y árboles muy poco frecuentes. Los árboles se encuentran principalmente en los bordes de ríos y arroyos, los cuales corren por un lecho pedregoso. También se encuentran grupos de árboles, a veces en partes altas y laderas, entre las piedras, donde el suelo es más liviano debido a la arena atrapada en los derrames basálticos. Las gramíneas perennes constituyen la mayor proporción de la vegetación herbácea, siendo las leguminosas nativas muy poco frecuentes. Integra también esta vegetación un número elevado de especies, a veces con escasos individuos, de otras familias botánicas: asteráceas, umbelíferas, ciperáceas, juncáceas, liliáceas, etc.

La vegetación está compuesta por especies estivales (C4), con crecimiento en primavera, verano y otoño, y especies invernales (C3), que prosperan en otoño, invierno según la temperatura, y primavera. Las especies estivales tienen una mayor frecuencia, contribuyendo con 60 a 80% al recubrimiento del suelo. En los suelos superficiales, las especies C3 tienen un recubrimiento relativamente elevado en invierno, pero son hierbas enanas y pastos de baja producción, mientras que en los suelos más profundos se encuentran pastos finos invernales.

En el Cuadro 3 se compara la frecuencia de diferentes especies según la profundidad del suelo. En los suelos más desarrollados habitan especies más productivas y de mejor calidad. En los suelos superficiales las especies son de menor porte y productividad y el recubrimiento del suelo es más reducido (50 – 70%) que en los de mayor profundidad (>90%), aspectos que contribuyen a resaltar las diferencias en la cantidad de forraje producido (Berretta, 1998a).

LOS CAMPOS SOBRE BASALTO: PRODUCCIÓN Y CALIDAD

En este trabajo se muestra la producción de forraje, definido como la parte comestible de las plantas (Allen *et al.,* 2011), de campos sobre suelos de las Unidades Queguay Chico (QCh) e Itapebí – Tres Árboles (I-TA), que en conjunto ocupan alrededor de 1.890.000 ha. La Unidad QCh tiene aproximadamente un 75% de suelos superficiales; en cambio, la Unidad I-TA tiene una alta proporción de suelos profundos con tierras de aptitud agrícola «muy aptas y aptas» según la clasificación de Souto y Tommasino (2011).

En la Unidad QCh se evaluó la producción de forraje estacional desde 1980 hasta 1994, en los suelos superficiales pardo rojizo y negro y en los profundos de la Unidad Experimental Glencoe (Paysandú), (Berretta y Bemhaja, 1998). En la Unidad I-TA se evaluó la producción de forraje mensual, bimensual y estacional en suelos superficiales pardo rojizos y negro, medios (<50 cm de profundidad) y profundos (>50 cm), desde 1984 hasta 1987, en el establecimiento El Totoral (Salto), (Berretta, 1998b).

Unidad Queguay Chico

La producción de forraje anual de estos suelos es variable a través de los años, con producciones mayores en los suelos donde prosperan especies más productivas (Figura 1).

En los tres tipos de suelos las estaciones de mayor importancia productiva son la primavera y el verano, estaciones donde se produce entre 60 y 65% del total de forraje anual; en el otoño se registra algo más de 20%, y el resto en el invierno. La tasa de crecimiento diario (TCD), en los tres tipos de suelos, tiene variaciones marcadas tanto entre, como dentro de las estaciones. Las mayores tasas se registran generalmente en los meses de diciembre, enero y febrero, siempre que las condiciones hídricas sean suficientes. En la primavera el crecimiento

Cuadro 3. Comparación de la frecuencia de especies en los diferentes suelos de Basalto. (- = poco frecuente; +++ = muy frecuente)

Especies	Pardo Rojizo	Negro	Medio	Profundo
Gramíneas Estivales				
Andropogon lateralis				++
Andropogon ternatus			+	++
Aristida murina		+	+	
Aristida uruguayensis		+	++	+++
Aristida venustula	+++	++		
Axonopus affinis		-	+	++
Axonopus argentinus	-		+	
Bothriochloa imperatoides		-	+	+
Bothriochloa laguroides	-	+	++	++
Bouteloua megapotamica	++	+		
Chloris grandiflora	+++	+		
Coelorachis selloana		-	++	++
Eragrostis neesii	++	+	+	
Eustachis bahiensis	+	++	-	
Leptocoriphium lanatum			+	+
Microchloa indica	+++	-		
Panicum milioides		-	+	+
Paspalum dilatatum			+	++
Paspalum indecorum			+	+
Paspalum notatum	+	+	++	++
Paspalum plicatulum		-	++	++
Schizachyrium microstachyum			++	++
Schizachyrium spicatum	++	++	+	-
Sporobolus indicus			+	++
Tripogon spicatus	+++	+		
Gramíneas Invernales				
Briza subaristata			+	+
Bromus auleticus			+	+
Calamagrostis montevidensis			+	+
Piptochaetium bicolor			+	+
Piptochaetium montevidense		+	+	
Piptochaetium stipoides	-	+	++	+
Poa lanigera			-	++
Stipa charruana				-
Stipa setigera	-	+	++	++
Vulpia australis	-	+	+	+
Leguminosas				
Adesmia bicolor		-	+	+
Trifolium polimorphum		-	+	+

Continuación

Otros géneros y especies				
Carex sp.	-	-	++	++
Chaptalia piloselloides	-	+	+	-
Chevreulia sarmentosa	++	++	-	
Cyperus sp.			+	+
Dichondra microcalix	++	++	-	
Nostoc sp.	-	++		
Oxalis sp.	+	++	+	+
Plantago myosurus	+	-		
Selaginella sp.	++	+		
Soliva pterosperma	++	-	-	

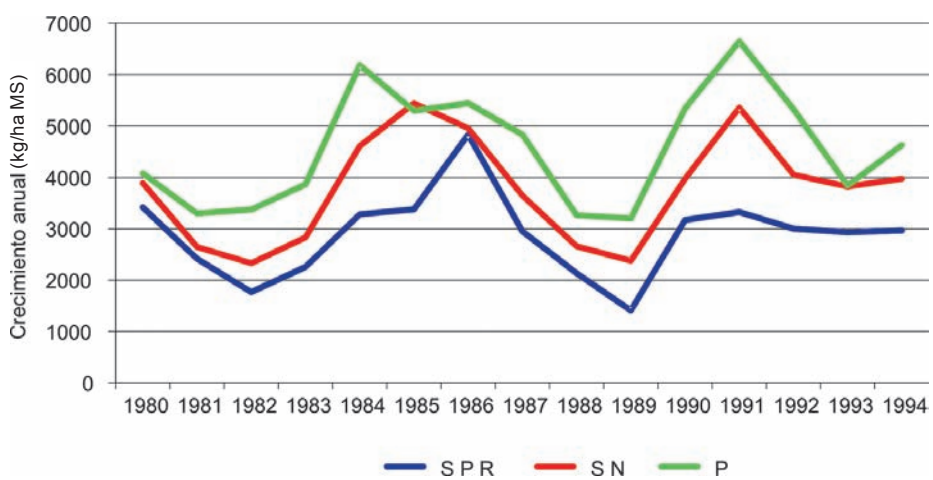


Figura 1. Producción anual de forraje (kg/ha MS) de distintos tipos de suelos de la Unidad Queguay Chico desde 1980 hasta 1994.

es algo menor, con octubre y noviembre con crecimiento superior a setiembre. Las especies de ciclo estival son las más frecuentes en los tres tipos de suelo. La variabilidad en la producción de forraje está explicada principalmente por el régimen hídrico, que tiene variaciones marcadas dentro y entre estaciones; en otoño y particularmente en invierno, la temperatura y la longitud del día se hacen más importantes que las precipitaciones.

La proteína cruda (PC) de este forraje es muy variable, tanto por el contenido y frecuencia de las especies que lo componen, como por las condiciones edáficas y climáticas (Figura 2).

Se ha tomado este período como ejemplo de los cambios en el contenido de PC del forraje al abarcar lapsos con crecimientos elevados y otros con crecimiento muy escaso. A partir de fines de1984 comenzó un ensayo que comparaba dotaciones, relación lanar/vacuno y métodos de pastoreo, con novillos y capones. La vegetación se evaluó con transectas con puntos cada 50 cm en cada estación; lo que permite determinar la frecuencia relativa de las especies que componen la comunidad (Berretta *et al.,* 1991). Se consideran las especies más frecuentes, cuya suma supera el 85% de la contribución al recubrimiento del suelo y los datos de calidad de las especies individuales (Carbajal *et al.,* 1987; Invernizi y Silveira,1992; Berretta, 1998c) para calcular el contenido de PC del forraje en las distintas estaciones.

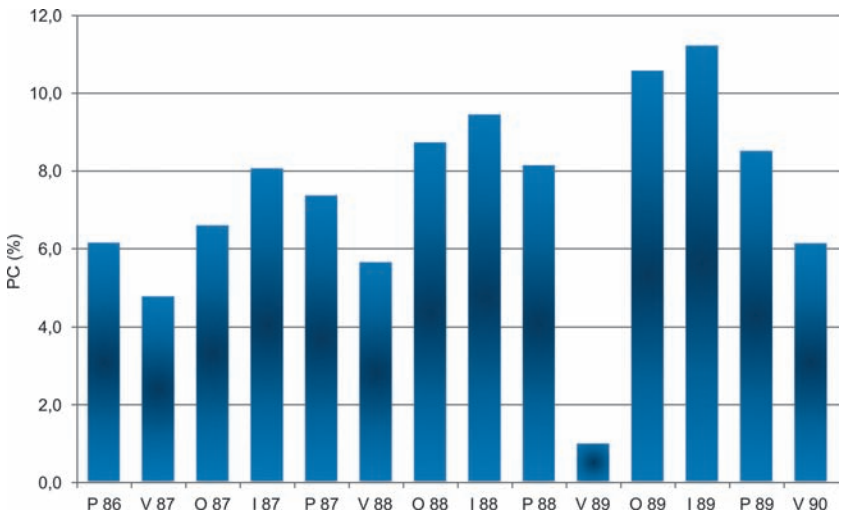


Figura 2. Evolución del contenido de proteína cruda (%) en campos de la Unidad Queguay Chico en diferentes estaciones.

El tratamiento analizado comenzó con una dotación de 0,6 UG/ha (UG: unidades ganaderas, 2:1 relación lanar/vacuno y carga continua. A partir de fines de 1987 se incrementó la dotación a 0,8 UG/ha, manteniéndose la relación y el método de pastoreo, considerando el buen crecimiento en años con precipitaciones adecuadas e inviernos con un número muy reducido de heladas. Este crecimiento del forraje fue mayor que las necesidades de los animales, por lo tanto se acumuló abundante hoja vieja, seca, erecta, particularmente de pastos ordinarios, mezclada con la hoja verde, de especies de ciclo estival. Si estas hojas secas se consideran como una especie más, su frecuencia es superior a la de las otras especies cuando la acumulación de hoja seca es escasa o nula. Por lo tanto, desde la primavera de 1986 hasta el invierno siguiente esos restos secos mezclados en el forraje ocasionaron un bajo contenido de PC. El aumento de dotación va reduciendo la masa de forraje, incluida la hoja seca, luego, las condiciones climáticas van cambiando, con un otoño - invierno del año 1988 con más de 60 heladas, que reduce marcadamente el alimento para los animales, aunque mejora el contenido en proteína al reducirse el material muerto de estaciones pasadas. A estas condiciones desfavorables para el crecimiento del forraje se agrega un déficit hídrico muy marcado, que puede considerarse que se inicia desde el invierno, con su mayor manifestación en el verano, cuando la tasa de crecimiento era algo más de 1 kg/ha MS, con menos del 15% de contenido en agua, por lo tanto su calidad era muy baja. Luego de las precipitaciones otoñales se produce el rebrote y germinación de las especies, un crecimiento escaso con hoja nueva, verde, por lo tanto de buena calidad y baja cantidad. Por lo general en verano hay un descenso en el contenido de PC asociado a la floración de las especies estivales y un menor tenor en agua debido a las condiciones ambientales.

Exceptuando períodos extremos, sequía severa, y acumulaciones excesivas de forraje por las condiciones de manejo, particularmente el pastoreo y la dotación, y ambientales, el contenido de PC sería suficiente para mantenimiento y producción de una vaca de 400 kg que cría y lacta un ternero, con un consumo variable de 8 kg MS/día según sus necesidades. Para mantenimiento necesita unos 340 g de PC (4,3%); en el último tercio de la gestación necesita consumir 8,2 kg MS/día con 660 g de PC (8,5%); con ternero al pie, considerando una producción de 5 litros de leche por día, necesita 690 g de PC (8,6%); luego de los tres meses postparto se incrementan el consumo a 8,5 kg MS/día y 846 g de PC (10,0%). Por efecto de la selectividad del animal la PC

consumida es algo superior a la que se determina en el forraje ofrecido (Montossi *et al.,* 2000).

Por lo general los niveles de P son insuficientes para cubrir las necesidades de los vacunos, teniendo en cuenta que las mismas varían de 0,20 a 0,45%. El otoño e invierno serían las estaciones en que los niveles de P alcanzarían para balancear las necesidades de mantenimiento. Al igual que en el caso de la PC, cuando las hojas secas y cañas tienen una frecuencia relativa elevada en el forraje los contenidos en P disminuyen; cuando éstas desaparecen, por efecto del pastoreo y de las condiciones ambientales, el contenido de este nutrimento aumenta (Figura 3). Por lo tanto será necesario suplementar a los animales con fósforo (P), particularmente en aquellos momentos que tienen mayores necesidades.

Las gramíneas estivales y las invernales tienen sus valores máximos en otoño e invierno y los mínimos en verano, tanto para PC como P. Las hierbas enanas también tienen los máximos y mínimos en estas épocas y por lo general tienen mayor contenido de PC que las gramíneas. Si bien en esta época de menores temperaturas hay buena calidad, por lo general la masa de forraje es insuficiente para que el animal pueda completar su ración diaria.

La mayor concentración de nutrimentos está en la parte superior de la lámina de hojas de gramíneas; a medida que descendemos hacia la base de la misma se registra una dilución de los contenidos.

Unidad Itapebí – Tres Árboles

En las evaluaciones mensuales en esta Unidad la mayor TCD se registra en el mes de noviembre en los tres suelos negros y en octubre en el superficial pardo rojizo. En las evaluaciones bimensuales la mayor TCD se registra al comienzo de primavera, setiembre – octubre, seguidas por las de comienzo del otoño, con un comportamiento similar en los cuatro tipos de suelos. El crecimiento estacional de estos suelos es mayor en primavera, seguido por el de otoño, lo que lo diferencia de los suelos de la Unidad QCh.

La producción anual de forraje es diferente según los tipos de suelos y la variación del período entre cortes (Cuadro 4).

La suma de los crecimientos mensuales es superior a la de los crecimientos tomados cada dos meses y a los evaluados por estación. La velocidad de crecimiento de las plantas es más rápida en períodos cortos que en aquellos más prolongados; luego del corte las plantas desarrollan tejidos jóvenes, coetáneos. A medida que transcurre el tiempo las hojas van tomando mayor tamaño y

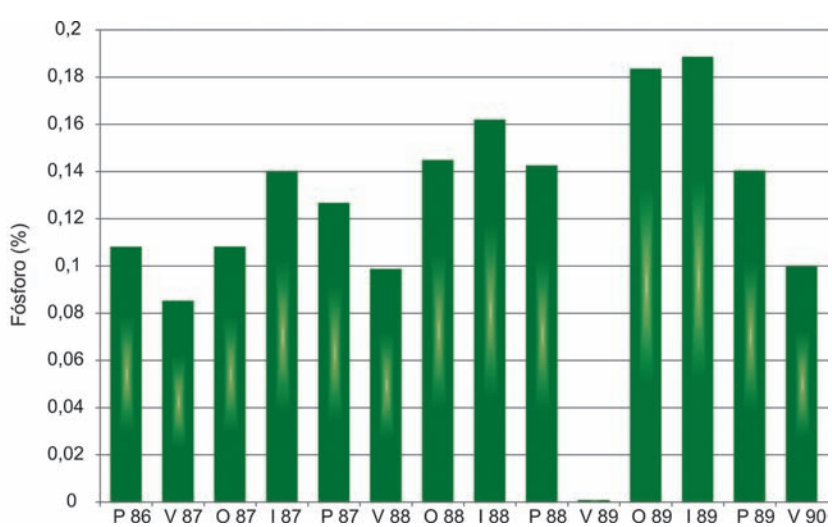


Figura 3. Evolución del contenido de fósforo (%) en campos de la Unidad Queguay Chico en diferentes estaciones.

Cuadro 4. Producción anual de forraje (kg/ha MS) de los distintos suelos con tres frecuencias de corte

	Pardo Rojizo	Negro	Medio	Profundo
Mensual	3.284	3.889	4.468	5.175
Bimensual	2.909	3.406	4.268	4.754
Estacional	2.996	3.737	3.984	4.747

Adaptado de Berretta, 1998b.

envejeciendo, lo que afecta la eficiencia de la fotosíntesis por sombreado y senescencia. Por lo tanto, a mayor tiempo transcurrido entre cortes, la velocidad de crecimiento se va reduciendo, curva sigmoidea, al equilibrarse la formación y la pérdida de tejido vegetal.

RECRÍA, APAREAMIENTO, GESTACIÓN, PARICIÓN Y DESTETE

La recría de terneras y vaquillonas tiene que tener como objetivo primordial poder entorarlas a los dos años de edad. Una adecuada recría consistirá en obtener ganancias de peso durante los dos primeros inviernos del animal. En esta época invernal se deberían alcanzar ganancias de peso de 0,150 a 0,200 kg/día, para aprovechar el crecimiento primaveral.

El crecimiento de forraje durante el invierno es bajo en el campo natural, como se expresó antes, variable entre 2 y 7 kg/ha MS por día según los tipos de suelos y las condiciones meteorológicas reinantes, aunque su calidad es relativamente buena. Por lo tanto, la cantidad de forraje para la alimentación de los animales en esta estación dependerá del crecimiento en las estaciones previas, particularmente en primavera y verano. En años en que se puede acumular una masa de forraje variable entre 1300 y 1600 kg/ha MS, cerrando el campo a comienzos del otoño, con una dotación invernal de 0,8 UG/ha se obtienen ganancias de 0,1 a 0,2 kg/día, lo que no siempre permite alcanzar el objetivo propuesto. En años con falta de precipitaciones suficientes en las estaciones de mayor producción o en otoños rigurosos, la acumulación de forraje se reduce, igual o menor a 1000 kg/ha MS y por lo tanto hay pérdidas de peso.

En los mejoramientos de campo, con trébol blanco y lotus, la acumulación de forraje depende del crecimiento en otoño e invierno. En esta estación el crecimiento del campo mejorado varía de alrededor de 8 kg/ha MS/día en los años con bajas temperaturas hasta 12-16 kg/ha MS/día en inviernos más benignos. En la Unidad Experimental Glencoe se realizó un experimento, durante tres inviernos, de la administración del forraje para terneras y vaquillonas, las que permanecían dos inviernos consecutivos, el primero como ternera y el segundo como vaquillona. El cierre del mejoramiento se hacía a fines de marzo. En junio comenzaba el pastoreo del 50% del área; en julio se agregaba un 30% de la misma y en agosto el 20% restante, retirando los animales en los primeros días de setiembre (Berretta *et al.,* 1996).

Con estas ganancias de peso las terneras en baja dotación alcanzan desde 170 a 200 kg, mientras que en dotación media varía de 150 a 160 kg y en la alta, de 130 a 150 kg, hacia fines de agosto, primeros días de setiembre. Las vaquillonas alcanzan pesos entre 270 y 320 kg en baja dotación; en dotación media el peso varía entre 250 y 270 kg y en alta dotación entre 220 y 250 kg. Éstas continúan ganando peso desde setiembre hasta el momento del entore; en estos años todas las vaquillonas quedaron preñadas. Aunque se haya obtenido este resultado, con dotaciones medias y bajas es más seguro alcanzar pesos de entore que superen los límites estipulados según razas o cruzamientos (Cuadro 5).

Campos fertilizados con N y P permiten obtener un crecimiento suficiente de la ternera y luego vaquillona para alcanzar un adecuado peso al apareamiento (Figura 4). En los tratamientos considerados, T0C1 corresponde al campo natural sin fertilización con dotación de 0,9 UG/ha; TFC1 corresponde

Cuadro 5. Ganancias o pérdidas de peso vivo (kg/animal/día) en el período de pastoreo de terneras y vaquillonas en los tres años

	Ganancias o pérdidas de peso vivo (kg/an/día)					
	Terneras			Vaquillonas		
Dotación (UG/ha)	**1994**	**1995**	**1996**	**1994**	**1995**	**1996**
1,0 (Baja)	0,240	0,389	0,700	0,484	0,539	1,350
1,5 (Media)	0,097	0,383	0,300	0,323	0,655	0,750
2,0 (Alta)	0,000	-0,07	0,200	0,115	0,115	0,526

Adaptado de Berretta *et al.,* 1996.

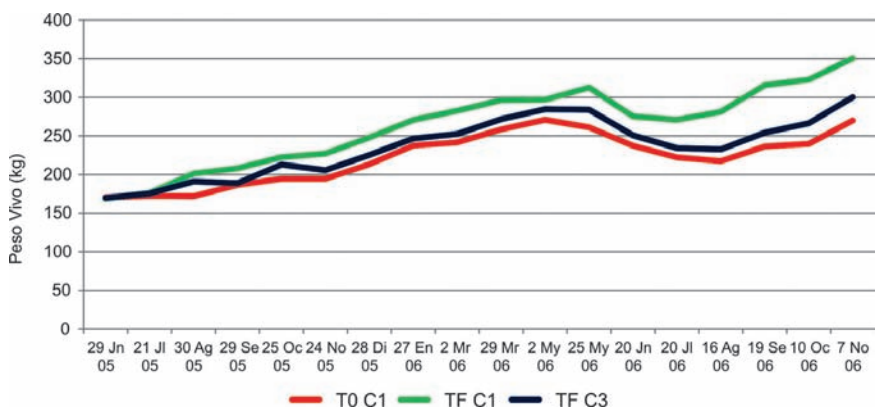


Figura 4. Evolución de peso de terneras a vaquillonas en campo natural y campo natural fertilizado en dos dotaciones.

al campo natural fertilizado con 100 kg de urea y 100 kg de superfosfato, aplicados a fines de marzo y comienzos de agosto con la misma dosis, y una dotación de 0,9 UG/ha, y TFC3 corresponde a un campo fertilizado con la misma dosis que el anterior durante seis años y luego sólo en otoño, con una dotación de1,2 UG/ha (Berretta *et al.,* 1998). La fertilización con N+P, además de mejorar la cantidad y la calidad de forraje, en invierno tiene un crecimiento de dos a tres veces superior al campo sin fertilizar, lo que permite una mejor alimentación en esta estación.

LA VACA EN SU SISTEMA PASTORIL

Se han evaluado durante cuatro años dos sistemas de cría con carga continua y una dotación de 1 UG/ha, con y sin lanares en dos potreros de 40 ha de superficie útil. El potrero donde pacían vacas solas, 40 de raza Hereford, tenía una producción promedio anual de 4750 kg/ha MS. El potrero con un sistema mixto de 20 vacas y 100 lanares tenía una producción anual promedio de 54-56 kg/ha MS. Las vacas realizaban su ciclo reproductivo en el potrero y se retiraban los terneros a fines de abril. Los principales resultados se muestran en el Cuadro 6.

La dotación es calculada considerando un 50% de utilización y 8 kg día/MS de consumo promedio de la unidad ganadera; estos mismos supuestos se han utilizados en los ejemplos expuestos en este trabajo. En el caso de estos sistemas la dotación utilizada ha sido mayor que la calculada; en el sistema con vacas ésta sería de 0,81 UG/ha y en el sistema mixto sería de 0,93 UG/ha. Esta diferencia en la producción de forraje sería una explicación de las diferencias en producción de ambos sistemas. Si bien la dotación utilizada ha sido elevada, la productividad animal ha sido mayor que en sistemas extensivos de producción promedio del país.

En las Figuras 5 y 6 se ejemplifica la evolución de la masa de forraje en las diferentes estaciones según los estados de la vaca de cría. Se considera un campo que tiene un

Cuadro 6. Comportamiento reproductivo y productividad anual en ambos sistemas

Sistema/Año	Preñez (%)	Parición (%)	Destete (%)	Peso al destete (kg)	Productividad (kg/vaca/año)
Sistema Vacas solas					
1982	—	80	77,5	141	109
1983	65	60	55,5	141	78
1984	95	87,5	5	137	103
1985	80	75	70	143	100
Promedio	80	75,6	69,5	141	98
Sistema Mixto					
1982	—	75	70	153	107
1983	70	55	50	143	72
1984	80	78	75	166	125
1985	85	65	60	160	96
Promedio	78	68	64	156	100

Adaptado de Berretta, 1987, 2003.

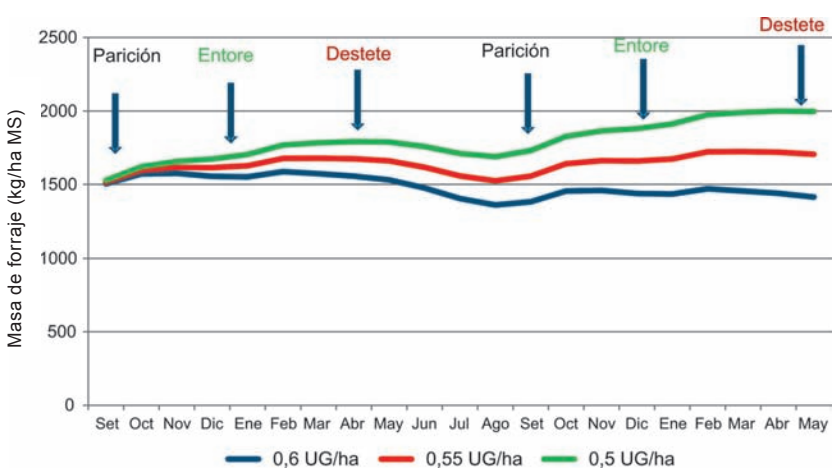


Figura 5. Evolución de la masa de forraje con diferentes dotaciones según las necesidades de una vaca de cría en sus distintos estados fisiológicos. Crecimiento promedio de campos de la Unidad Quegay Chico.

70% de suelos superficiales, pardo rojizo y negro, en igual proporción y 30% de suelos profundos; sería, en términos generales un campo promedio en esta unidad del basalto. En la Figura 5 se toma el crecimiento promedio del forraje en la Unidad Queguay Chico (Berretta y Bemhaja, 1998) y se calcula para tres dotaciones. Al comienzo del período considerado se tiene en cuenta una masa de forraje que tendría unos 7-9 cm de altura; dicha masa debería ser mayor para un mejor consumo de los animales. En este caso se toma este valor, que en condiciones promedio es igual o algo superior al final del período considerado. Las alturas en los suelos superficiales pardo rojizos difícilmente alcancen estos valores; en cambio, en los superficiales negros y particularmente en los profundos la vegetación alcanza valores superiores.

Según Rovira (1996), la época de entore en condiciones de pastoreo es la decisión de manejo más importante que debe tomar un criador. Para que la parición se produzca en los meses de mayor crecimiento de los campos, desde setiembre-octubre hasta noviem-

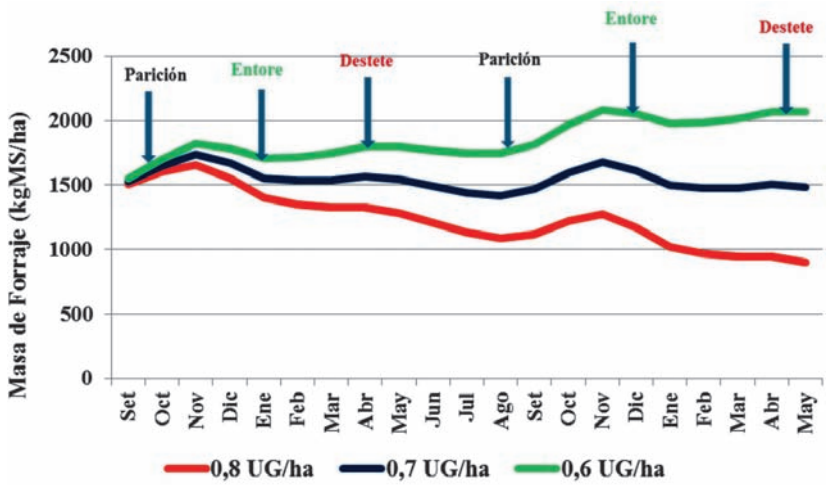


Figura 6. Evolución de la masa de forraje con diferentes dotaciones según las necesidades de una vaca de cría en sus distintos estados fisiológicos. Crecimiento promedio de campos de la Unidad Itapebí -Tres Árboles.

bre, el entore deberá realizarse desde mediados de noviembre a comienzos de febrero.

El consumo de la vaca está calculado según sus diferentes estados fisiológicos, alcanzando en estos ejemplos los 3280 kg/año MS. El campo supuesto con los tres tipos de suelos, en las proporciones antes mencionadas, produce 3700 kg/ha MS que con un aprovechamiento del 50%, quedan disponibles 1850 kg MS. Si expresamos la dotación como unidad de superficie por animal, 0,60 UG/ha equivalen a 1,66 ha/vaca o UG; considerando la cantidad de forraje utilizable, en esa superficie, se obtienen 3090 kg MS, cantidad muy cercana a la que corresponde al consumo de esa unidad ganadera. A dotaciones algo menores la superficie por animal se incrementa de 1,8 a 2 ha.

El consumo de forraje sería mayor desde la parición al destete, época en la cual las condiciones para el crecimiento son las más adecuadas, excepto situaciones de estrés hídrico agudo. Durante los meses de menor crecimiento del forraje la vaca tiene menores requerimientos. Cuando se producen sequías, (Figura 6), el crecimiento es negativamente afectado, descendiendo a valores menores a dos veces el crecimiento promedio.

En estas situaciones la pérdida de peso y condición comienza a la parición y se hace más aguda a medida que la cantidad y calidad del forraje desciende, época en que se hacen mayores las necesidades del animal. Para estos casos la suplementación con concentrados y otras tecnologías, como el destete precoz, permitirán reducir las pérdidas según la severidad del fenómeno.

En campos de la Unidad Itapebí – Tres Árboles, con mayor producción de forraje, la dotación es mayor que en los de la Unidad anteriormente descripta (Figura 6). Se ha considerado un campo integrado por 40% de suelos superficiales, 30 % de suelos medios y 30% profundos. Las fechas de parición, entore y destete también coinciden con los momentos de mayor crecimiento del forraje. En esos suelos más profundos el déficit hídrico se manifiesta algo más tarde que en los suelos de la Unidad Queguay Chico. Dependiendo de la severidad y duración del déficit, el crecimiento de los pastos en los suelos de esta última Unidad tiene una reacción más rápida que en los de Itapebí-Tres Árboles.

LA CRÍA VACUNA HACIA EL FUTURO

La dotación es la que determina la altura de la masa de forraje. Si consideramos que no debemos de descender de 6 - 7 cm de altura para evitar ganancias reducidas o pérdidas de peso, particularmente en los momentos de mayor demanda de nutrimentos, debemos ordenar los pastoreos de manera de dejar ese forraje remanente, sea reduciendo el número de animales o cambiarlos a otro potrero que haya sido diferido para posterior utilización. Por lo tanto, para el manejo de la vaca de cría son necesarias subdivisiones para tener potreros con forraje acumulado en los distintos momentos, por ejemplo preparto, parición, entore, etc. y también para el destete de los terneros; debería tener a disposición al menos el doble de su consumo diario y de buena calidad. Un mayor número de potreros permite un mejor manejo de los pastos y de los lotes o grupos de animales. La dotación ajustada al potencial de producción del campo permite obtener resultados productivos superiores a los promedios nacionales. Es necesario ofrecer a los animales el forraje adecuado en cantidad y calidad, según sus requerimientos de producción, que son variables a través del año. Según lo antes expuesto, otra forma de expresar la dotación es por peso vivo por unidad de superficie; por lo tanto, el peso puede variar entre 220 y 300 kg por unidad de superficie, según los tipos de suelos y su producción. En este caso debemos considerar la carga mixta, donde también se deben incluir ovinos y equinos que pacen en el establecimiento.

Mantener una altura de alrededor de 10 – 15 cm, según los tipos productivos predominantes (Rosengurtt, 1979), facilitará el consumo de los animales y también una mejor conservación de las especies finas y tiernas del campo. Manejar el campo con períodos que alternen descansos y ocupaciones debe ser el objetivo para obtener un forraje con suficiente cantidad y calidad. También debe considerarse la posibilidad de cerrar un potrero en primavera para favorecer la floración de las plantas; este potrero se constituye en una reserva de forraje para el verano. En condiciones favorables para el crecimiento vegetal la masa de forraje puede acumular hoja vieja, seca, y cañas florales en cantidad; si bien esto parece que es una pérdida de forraje, sería una reserva para otras estaciones de bajo crecimiento. Con la suplementación es posible mejorar esta calidad y mantener así una adecuada cantidad de forraje. El invierno es la época crítica ya que los campos naturales no pueden proporcionar un nivel alimenticio capaz de obtener una adecuada productividad; además, las bajas temperaturas, a veces acompañadas de lluvias y vientos aumentan los requerimientos energéticos de los animales para su regulación térmica.

Los campos mejorados, tanto con fertilización N+P como con introducción de especies de leguminosas y P permiten una recría de las terneras y vaquillonas que alcanzan peso suficientes al apareamiento y también, según el animal, este entore se puede hacer antes. En mejoramientos de campo, en los meses de enero y febrero debe reducirse el forraje acumulado luego del cierre al pastoreo para permitir la floración, maduración y caída de las semillas de las especies introducidas y también de algunas nativas invernales. Las vacas con cría pueden realizar esta tarea, teniendo un forraje abundante y con mejor calidad que la del campo natural.

Con el paso del tiempo la investigación nacional ha desarrollado una serie de tecnologías de bajo costo y fácil aplicación como: destete precoz, destete temporario, pastoreo por un lapso de tiempo, reservas de forraje, suplementos, alimentación preferencial, uso de la escala de condición corporal, etc.; las cuales usadas en momentos precisos son una importante ayuda al mejoramiento del rodeo de cría en condiciones de pastoreo en campos naturales.

Una amenaza para el futuro de la cría vacuna es la expansión de la frontera agrícola para tratar de cubrir las necesidades alimenticias de la humanidad, las áreas dedicadas a la producción ganadera se irán reduciendo y ocupando aquellas despreciadas para los cultivos, con mayor riesgo de sequía, donde por lo general la vegetación es menos pro-

ductiva, de menor calidad y dominada por pastos ordinarios, generalmente de ciclo estival, lo que lleva a una menor dotación, menor producción animal, con menores posibilidades de mejoras o de costos muy altos para producir en estas condiciones y la necesidad de implementar tecnologías relacionadas con el mejoramiento de especies para estas nuevas situaciones. Según Souto y Tomassino (2011) las tierras muy aptas y aptas para la agricultura de los departamentos de Artigas, Salto y Paysandú donde se encuentran suelos de basalto profundo, actualmente tienen una reducida superficie dedicada a la agricultura.

Los cultivos de la década del '50 alcanzaron a 1.600.000 ha, parte de los cuales se realizaron en algunos suelos de Basalto, luego se ha verificado una marcada disminución, una vez que el estímulo a los cultivos se redujo y los campos dejaron de ser cultivados hasta alcanzar algo más de 400.000 ha en los '90, encontrándose muchos de ellos como campos restablecidos en la regresión campestre. Por la general la producción de estos campos es entre 20 y 30% inferior a la que tenían antes del cultivo, al extinguirse algunas especies productivas y prosperar otras ordinarias y duras adaptadas a ambientes de menor nivel trófico. Por lo tanto, en todos estos años, la producción animal ha tenido menor cantidad y calidad de forraje para su alimentación en tiempos, a comienzos de los '90, que los ovinos llegaron a 25.000.000 y los bovinos no alcanzaban a 9.000.000. En estos años, con estas dotaciones, los índices productivos fueron muy bajos y, al mismo tiempo, una acentuada degradación de los campos vírgenes y en sus distintas etapas luego del abandono cultural, con pérdida de especies e invasión de pastos duros y ordinarios. Actualmente, la construcción de azudes para el riego en arroz ocupa áreas donde prosperan especies finas y tiernas, zonas con suelos profundos, por lo que hay una reducción de los buenos campos. En cambio, la siembra de especies cultivadas en el rastrojo de arroz permite obtener pasturas de alta calidad y producción.

Debemos tener en cuenta que el animal en pastoreo es una parte del ambiente de la planta y la planta una parte del ambiente del animal. El forraje y el animal no deben ser considerados por separado. Cada uno de estos forma parte de un gran complejo biológico intrincadamente relacionado.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agro. (PhD) Guillermo Scaglia por sus aportes y comentarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, V.G.; BATELO, 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(1): 2-28.

BERRETTA, E.J. 1987. El pastoreo como herramienta para mejorar la productividad de las pasturas naturales. En: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO REGIONAL DEL CONO SUR EN MEJORAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS FORRAJEROS DEL ÁREA TROPICAL Y SUBTROPICAL: GRUPO CAMPOS Y CHACO. (9ª, 1987, Tacuarembó, Uruguay). Anales. Silva, J.E. (ed.). Tacuarembó: Estación Experimental del Norte. CIAAB – MGAP.- p.79-93.

BERRETTA, E.J. 1998a. Principales características de las vegetaciones de los campos de basalto. En: REUNIÓN DEL GRUPO TÉCNICO REGIONAL DEL CONO SUR EN MEJORAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS FORRAJEROS DEL ÁREA TROPICAL Y SUBTROPICAL: GRUPO CAMPOS. (9ª., 1998, Montevideo, Uruguay). Anales. Berretta, E.J. (ed.) Montevideo: INIA. p.11-19 (Serie Técnica; 94).

BERRETTA, E.J. 1998b. Producción de comunidades nativas sobre suelos de Basalto de la Unidad Itapebí – Tres Árboles con diferencias frecuencias de corte. En: SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN EN TECNOLOGÍAS PARA BASALTO. (1998, Tacuarembó, Uruguay). Seminario de Actualización Técnica para Basalto. Berretta, E.J. (ed.). Montevideo: INIA. p.21-31 (Serie Técnica; 102).

BERRETTA, E.J. 1998c. Contenido de minerales en pasturas naturales de Basalto. I. Especies nativas. En: SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN EN TECNOLOGÍAS PARA BASALTO. (1998, Tacuarembó, Uruguay). Seminario de Actualización Técnica para Basalto. Berretta, E.J. (ed.). Montevideo: INIA. p.99-111 (Serie Técnica; 102).

BERRETTA, E.J. 2003 [En línea]. County Pasture/Forage Resource Profiles: Uruguay. FAO. Consultado 5 jul. 2013.Disponible en http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Counprof/uruguay/uruguay.htm

BERRETTA, E.J.; BEMHAJA, M. 1998. Producción estacional de comunidades naturales sobre suelos de Basalto de la Unidad Queguay Chico. En: SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN EN TECNOLOGÍAS PARA BASALTO. (1998, Tacuarembó, Uruguay). Seminario de Actualización Técnica para Basalto. Berretta, E.J. (ed.). Montevideo: INIA. p.11-20 (Serie Técnica; 102).

BERRETTA, E.J.; LEVRATTO, J.C.; SAMIT, W.S.; BEMHAJA, M.; PITTALUGA, O; SILVA, J. A; CLARIDGET, J.B.; GUERRA, J.C. 1990. Efecto del sistema de pastoreo. Relación lanar/vacuno y carga animal sobre la producción y utilización de pasturas naturales. I. Evolución de la vegetación en pastoreo continuo y rotativo a igual dotación y relación lanar/vacuno 2/1. En: SEMINARIO DE CAMPO NATURAL (2º.,1990,Tacuarembó, Uruguay), 2º Seminario de Campo Natural. INIA.

Sociedad Uruguaya de Pasturas Naturales, FAGRO, Plan Agropecuario (eds.). Montevideo: Hemisferio Sur. p. 291-298

BERRETTA, E.J.; PITTALUGA, O.; BRITO, G.; PIGURINA, G.; RISSO, D.F. 1996. Recría de reemplazos en Basalto. En: Producción ganadera en Basalto. Tacuarembó: INIA Tacuarembó. cap. 9, p.1-8. (Serie Actividades de Difusión; 108).

BERRETTA, E.J.; RISSO, D.F.; LEVRATTO, J.C.; ZAMIT, W.S. 1998. Mejoramiento de campo natural de Basalto fertilizado con nitrógeno y fósforo. En: SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN EN TECNOLOGÍAS PARA BASALTO. (1998, Tacuarembó, Uruguay). Seminario de Actualización Técnica para Basalto. Berretta, E.J. (ed.). Montevideo: INIA. p. 63-73 (Serie Técnica; 102).

CASTAÑO, J.P.; GIMENEZ, A.; CERONI, M.; FUREST, J.; AUCHAYNA, R. 2011. Caracterización agroclimática del Uruguay. Montevideo: INIA. 34 p. (Serie Técnica; 193)

CARBAJAL, C.M.; FERNÁNDEZ, J.; GABACHUTTO, I.R. 1987. Producción y calidad de diferentes especies forrajeras nativas bajo condiciones de campo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay: Facultad de Agronomía. 176 p.

CORSI, W. 1978. Clima. En: Pasturas 4. 2ª ed. Montevideo: CIAAB. p. 255-266. (Miscelanea; 18).

INVERNIZZI, J.P.; SILVEIRA, M.F. 1992. Valor nutritivo de diferentes especies nativas en suelos de Basalto, en condiciones de pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay: Facultad de Agronomía. 98 p.

MONTOSSI, F.; PIGURINA, G.; SANTAMARINA, I.; BERRETTA, E.J. 2000. Selectividad animal y valor nutritivo de la dieta de ovinos y vacunos en sistemas ganaderos: Teoría y práctica. Montevideo: INIA. 84 p. (Serie Técnica; 113).

ROSENGURTT, B. 1979. Tablas de comportamiento de las especies de plantas de campos naturales en el Uruguay. Montevideo: División de Publicaciones y Ediciones de la Universidad de la República. 86 p.

ROVIRA, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo: Hemisferio Sur. 268 p.

SOUTO, G.; TOMMASINO, H. 2011. La expansión de la agricultura y su relación con la aptitud agrícola de los suelos. En: Anuario 2011 OPYPA. Montevideo: Hemisferio Sur. p. 339-352.

URUGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA. CONEAT. 1979. Índices de productividad. Grupos CONEAT. Montevideo: MAP. 167 p.

URUGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA. 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Descripción de las unidades de suelos. Montevideo: MAP. v 3, 452 p.

POLIMORFISMOS (SNPS) ASOCIADOS A EFICIENCIA ALIMENTICIA EN HEMBRAS ANGUS EN CRECIMIENTO*

Ana I. Trujillo[1], Alberto Casal[2]
Francisco Peñagaricano[3], Mariana Carriquiry[4]
Pablo Chilibroste [5]

RESUMEN

Se estudió la variación en consumo residual de alimento (RFI_K) en 2 grupos de hembras Angus puras (hembras que presentaban simultáneamente variantes alélicas favorables (SNP) en genes NPY, leptina e IGF-1 (V) y hembras que no presentaban dichos alelos (C)) bajo 2 condiciones de alimentación consecutivas. El RFI_K se evaluó en 38 terneras (PV: 186 kg (SD = 33,2) y edad: 247 días (SD = 15), respectivamente) consumiendo una dieta TMR (60:40 concentrado: heno alfalfa) durante 57 días en confinamiento (Exp 1). El consumo (CMS) fue estimado como diferencia entre alimento ofrecido y rechazado y el PV registrado cada 2 semanas. Durante 60 días, se evaluó RFI_K en 24 vaquillonas bajo pastoreo continuo de pastura de alta disponibilidad y calidad (Exp 2). El CMS de pastura fue determinado usando la técnica de alcanos. Las medias de mínimos cuadrados (lsmeans) de V y C de CMS (kg/d), GDP (kg), RFI_K (kg d/MS) y eficiencia de conversión (FCR, kg CMS/kg GDP) fueron: 6,65 vs 6,89 (0,49), 1,24 vs 1,24 (0,03), -0,11 vs 0,11 (0,09) y 5,8 vs 5,8 (0,14), respectivamente en Exp 1. En Exp 2 los valores de lsmeans de V y C de CMS (kg/d), GDP (kg), RFI_K y FCR fueron: 8,76 vs 10,93 (0,71), 1,4 vs 1,37 (0,05), -1,02 vs 1,02 (0,42) y 6,41 vs 6,96 (0,46), respectivamente. Los grupos genotípicos tendieron a diferir en CMS (P = 0,10) y en RFI_K (P = 0,10) en Exp 1 mientras que en Exp 2, difirieron en CMS (P = 0,005) y en RFI_K (P = 0,002). Nuestros resultados demuestran una fuerte asociación entre los 3 SNPs considerados simultáneamente y RFI_K cuando los animales se evaluaron pastoreando una pastura de alta disponibilidad y calidad, mientras que una asociación menor fue observada cuando los animales consumieron una dieta concentrada en confinamiento.

Palabras clave: ganado de carne, eficiencia alimenticia, SNP en genes NPY, LEPTINA e IGF-1

ABSTRACT

We quantify the variation in residual feed intake (RFI_K) in two groups of purebreed Angus females: one carrying simultaneously favorable allelic variants (SNP) of NPY, leptin and IGF-1 genes (V) and another devoid of such alleles (C). Two sequential trials were performed, confinement and grazing condition. During 57 days, animals (38, mean age and BW of 247 days (SD = 15) and 186 kg (SD = 33.2), respectively) were offered a TMR diet (60:40 concentrate: alfalfa hay, as fed). The DMI was estimated by difference between offered and refused feed; BW was recorded every 2 weeks. During 60 days, 24 heifers were continuously stocked at high quality pasture. Herbage DMI was determined using n-alkane technique. In confinement, lsmeans values (SE) of DMI (kg/d), ADG (kg), RFI_K (kg d/DM) and feed conversion ratio (FCR, kg DMI/kg ADG) for V and C were 6.65 and 6.89 (0.49), 1.24 and

*Este trabajo es parte de la Tesis de Doctorado de Ana Inés Trujillo. Proyecto INIA FPTA/2007 # 263.

[1]Ing. Agr., MSc. Departamento de Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía.
[2]M.V.D. Depto. de Prod. Animal y Pasturas.Facultad de Agronomía.
[3]Lic., MSc. Department of Animal Sciences. University of Wisconsin-Madison, USA.
[4]Ing. Agr., PhD. Departamento de Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía.
[5]Ing. Agr., MSc., PhD. Departamento de Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía

1.24 (0.03), -0.11 and 0.11 (0.09) and 5.8 and 5.8 (0.14), respectively. During grazing, lsmeans values (SE) of DMI (kg/d), ADG (kg), RFI_K and FCR of V and C were 8.76 and 10.93 (0.71), 1.4 and 1.37 (0.05), -1.02 and 1.02 (0.42), 6.41 and 6.96 (0.46), respectively. Genotyped groups tend to differ in DMI (P = 0.10) and in RFI_K (P = 0.10), during confinement. During grazing, groups differed in DMI (P = 0.005) and in RFI_K (P = 0.002). Our results demonstrate a strong association between these three SNPs and RFI_K when animals were grazing on a high quality, high availability pasture, while a weak effect was observed under confinement.

Key words: beef cows, feed efficiency, herbage intake, SNP in NPY-LEP-IGF-1

INTRODUCCIÓN

El alimento es, en términos económicos, el elemento más importante de la producción animal, ya que el costo de alimentación puede constituir hasta el 70% del costo total de la producción. La alimentación afecta la productividad, la salud y el bienestar animal, la calidad del producto así como el uso del suelo, la estabilidad de los ecosistemas pastoriles, las emisiones al medio ambiente y la contaminación del agua.

Aunque el costo de alimentación de los animales en pastoreo es de difícil cuantificación, constituye un costo muy importante en los sistemas de producción de carne. En Uruguay se estima que los costos asociados a la alimentación en pastoreo representan más del 60 % de los costos económicos totales de un empresa ganadera (Plan Agropecuario, MGAP, 2012). Por lo tanto, es fundamental considerar estrategias para aumentar o mantener la producción y/o reducir los costos de alimentación con el objetivo de mejorar la eficiencia de producción e incrementar los beneficios. Una de las vías para la mejora genética de la eficiencia de los sistemas de producción de carne es la selección (Herd *et al.,* 2003). En general el mejoramiento genético ha hecho hincapié en la selección por características de crecimiento y habilidad materna y el Uruguay no escapa a esta tendencia (651 g/año de tasa anual en el peso a los 18 meses y 432 g/año de tasa anual en el peso al destete, Evaluación Genética Nacional de Aberdeen Angus, 2011). Sin embargo, la selección por crecimiento acelerado y mayores pesos vivos ha generado un incremento en el peso vivo a la madurez de las diferentes razas y de sus requerimientos de mantenimiento, que determina mayores costos de producción, menor eficiencia en uso de los recursos alimenticios a nivel global del sistema y, no menos importante, un aumento potencial en problemas ambientales (principalmente en emisión de gas metano).

La investigación ha mostrado que existe considerable variación individual en consumo por encima y por debajo de un consumo esperado o predicho en base al tamaño corporal y a la tasa de crecimiento en varias especies (Archer *et al.,* 1999). Esta diferencia en consumo llamada «**Consumo de alimento residual**» (RFI) fue definida por primera vez por Koch *et al.,* 1963 y es actualmente reconocida como una medida de selección por eficiencia precisa, ya que, a diferencia del criterio de selección por conversión alimenticia (unidad de alimento consumido por unidad de ganancia de peso), tiende a elegir animales de menores consumos y/o menores requerimientos de mantenimiento, sin alterar el peso adulto o las ganancias de peso (Koch *et al.,* 1963; Basarab *et al.,* 2003). El RFI, además de ser fenotípicamente independiente del tamaño y del crecimiento (por su definición), presenta características interesantes para ser usado en selección: es moderadamente heredable, 0,28 a 0,58 (Crews *et al.,* 2003), presenta variación genética dentro de poblaciones y entre diferentes rodeos (Archer y Bergh, 2000; Herd y Bishop, 2000; Basarab *et al.,* 2003), se mantiene a lo largo de la vida del animal (alta correlación entre RFI medido en hembras pos-destete y en las mismas hembras adultas, Archer *et al.,* 2002) y presenta mínimos antagonismos con otras características de importancia económica (Richardson *et al.,* 2001; Basarab *et al.,* 2003). Sin embargo, una de las principales limitaciones para la adopción de esta medida como criterio de selección fenotípica es el alto costo (en tiem-

po y dinero) que insume su medición. Una alternativa que se ha venido investigando es el uso de marcadores genéticos relacionados con eficiencia alimenticia. Estos, una vez validados y realizando selección asistida por marcadores, podrían contribuir a la mejora genética, generándose estimaciones de valores genéticos en criterios relacionados a eficiencia alimenticia (sin correlaciones desfavorables con otros rasgos de interés económico).

El RFI es una característica poligénica en la que intervienen numerosos genes. Estudios previos han sugerido que genes involucrados en la regulación del consumo, y por ende en la regulación de la energía pueden afectar el RFI en ganado de carne. En este sentido, se han reportado algunas asociaciones entre eficiencia alimenticia y SNPs (polimorfismos de una sola base nucleotídica, tipo de marcador molecular) en genes que intervienen en la producción de energía (relacionados con la actividad mitocondrial) así como en la regulación del consumo y de la energía (Nkrumah *et al.,* 2004; Kolath *et al.,* 2006; Sherman *et al.,* 2008). Estos antecedentes han sido generados, en general, con razas sintéticas, en ambientes muy diferentes a los nuestros y bajo condiciones de confinamiento con dietas muy concentradas en energía. Además, se ha demostrado que los valores de RFI varían de acuerdo al tipo de dieta ofrecida (Durunna *et al.,* 2011), a la etapa fisiológica del animal y a la composición de su ganancia corporal (Basarab *et al.,* 2003). A nivel internacional se han publicado escasos antecedentes que evalúan el RFI en condiciones de confinamiento seguido de evaluaciones en condiciones de pastoreo, mientras que en Uruguay no existen antecedentes sobre esta medida de eficiencia en ganado.

En este trabajo, se plantea la hipótesis que una combinación de SNPs en genes candidatos relacionados a la regulación del consumo, de la energía y del crecimiento (NPY, leptina e IGF-1) podría estar asociada con RFI en hembras Angus en crecimiento. El objetivo fue cuantificar y comparar los valores fenotípicos de RFI de dos grupos de hembras Angus: un grupo de animales que presentaban variantes alélicas supuestamente favorables (llamado grupo validación, V) y el otro grupo que no las presentaba (llamado grupo control, C) evaluados en condiciones de confinamiento (dieta concentrada en energía) y en condiciones de pastoreo (pastura de alta disponibilidad y calidad).

MATERIALES Y MÉTODOS

El uso de los animales y los procedimientos de manejo y de mediciones realizadas estuvieron aprobados por el Comité Honorario de Ética de Experimentación Animal (CHEA) de la UdelaR.

Selección de los animales

El primer paso de la estrategia de investigación fue la selección de los animales experimentales. Para ello se realizaron extracciones de ADN genómico de más de 1700 animales distribuidos en cabañas Angus de todo el país. Se muestrearon hembras nacidas en el 2009 que tuvieran registros de pedigree. La extracción de ADN genómico y el genotipado masivo se realizó en los laboratorios de Biotecnología de la Fac. de Agronomía y de Técnicas Nucleares de la Facultad de Veterinaria, respectivamente. Los protocolos seguidos en los procedimientos de extracción y genotipado de las muestras se encuentran detallados en Trujillo *et al.* (2012). Se genotiparon aproximadamente 1700 terneras de al menos uno de los tres SNPs (SNPNPY, SNPLEP e SNPIGF-1, bialélicos). Las terneras se clasificaron en dos grupos de acuerdo a su genotipo: 1) grupo validación (V) que incluía a los animales: homocigotas para el alelo «favorable» SNPLEP, homocigotas para el alelo «favorable» SNPIGF-1, y heterocigotas para el alelo favorable SNPNPY y 2) grupo control (C) que incluía a los animales que no contenían ninguno de los alelos favorables de los 3 SNPs. En este estudio no fue posible seleccionar homocigotas para el SNPNPY debido a la baja frecuencia del homocigota favorable (Trujillo *et al.,* 2012). Una vez finalizado el genotipado se seleccionaron 38 hembras puras (19 del grupo V y 19 del grupo C) nacidas entre setiembre y noviembre del 2009 provenientes de 18 cabañas.

Animales y diseño experimental

Los experimentos (I y II) fueron realizados en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía Dr. Mario A. Cassinoni en Paysandú durante 2010.

Experimento I. Evaluación de RFI en animales en confinamiento consumiendo dietas concentradas en energía.

El peso vivo (PV) promedio y la edad promedio de las terneras al inicio del experimento fueron 186 kg (SD = 32,8) y 262 días (SD = 26,6), respectivamente. La duración del experimento fue de 57 días.

Las terneras fueron manejadas de acuerdo a las prácticas usuales en cada cabaña desde el nacimiento hasta el destete. A la llegada a la Estación Experimental, todos los animales fueron pesados y vacunados contra Aftosa, Carbunco bacteriano, Clostridiosis y Queratoconjuntivitis. Las terneras fueron tratadas con iveromectina más closantel y se les aplicó un parasiticida (pour-on) cada 21 días para el control de ecto y endoparásitos intestinales. Los animales fueron clínicamente examinados cada 15 días.

Las terneras fueron asignadas a corrales abiertos (8-10 terneras/corral, 15 * 20 m) con disponibilidad de heno de alfalfa y agua *ad libitum* por dos semanas y luego a corrales individuales parcialmente cubiertos (1 ternera/corral; 2,5 x 10 m). Los animales tuvieron un período total de acostumbramiento de 42 días. Se les ofreció una dieta totalmente mezclada (TMR, 60:40 concentrado: forraje, tal cual ofrecida) *ad libitum*, 2 veces al día a las 8:00 am y 15:00 h pm, aproximadamente; la cantidad de alimento ofrecido a cada animal se fue ajustando cada semana para lograr aproximadamente un 10% de rechazo individual.

La dieta experimental fue formulada para cubrir los requerimientos de mantenimiento y una ganancia diaria de aproximadamente 1 kg por animal según recomendaciones del NRC de Bovinos de Carne (2000). El concentrado fue formulado con grano de sorgo (79%), expeller de girasol (17%), urea (1,4%), $CaCO_3$ (1,9%), pre-mezcla de vitaminas y minerales (0,2%), Rumensin (0,05 %) y levadura (0,1%) (base tal cual ofrecido) (Copagran, Cooperativa Agraria Nacional, Uruguay). El heno de alfalfa utilizado fue un heno de calidad media (85,8 % DM, 9,2 % cenizas, 13,7 % PC, 76,9 % FDN y 59 % FDA en base seca). En la Figura 1 se presenta esquemáticamente el protocolo seguido en el Experimento I así como las características químicas más importantes de la dieta experimental.

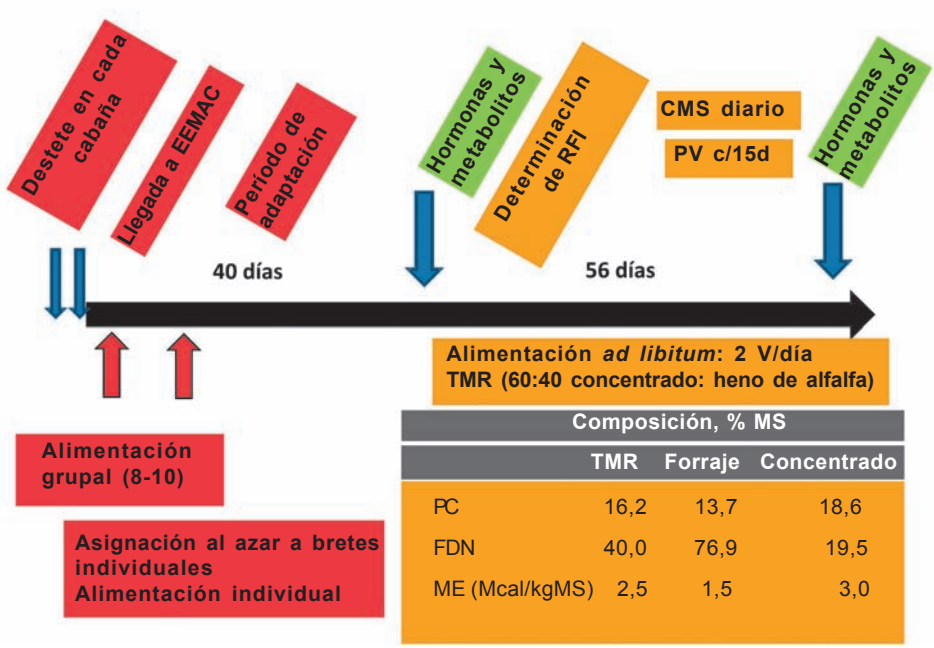


Figura 1. Protocolo experimental simplificado del Experimento I.

Se obtuvieron muestras compuesta del alimento ofrecido y del alimento rechazado por cada ternera. Se tomaron sub-muestras (400 g aproximadamente) para la realización de los análisis químicos. Se determinó MS analítica (AOAC Official Method 967,03, 2007), cenizas (AOAC Official Method 942,05, para calcular la materia orgánica-MO) y proteína cruda (PC) (AOAC Official Method 984,13, 2007). La fibra detergente neutra (FDN), detergente ácida (FDA) y la lignina determinada por ácido sulfúrico (LIGsa) fueron medidas usando ANKOM 220 Fiber Analyzer (Ankom Technology Corporation, Fairport, NY) siguiendo el método descrito por Van Soest *et al.* (1991) usando alfa amilasa en la solución detergente neutra. La energía bruta (EB) fue determinada usando una bomba calorimétrica (Record Calorimeter, Julius Peters 10823, Berlin, Germany). La digestibilidad in vitro verdadera de la MO (DIVMO) fue determinada en un incubador DAISY^{II} (Ankom Technology, Corporation, Fairport, NY) luego de 48 h de incubación en inóculo ruminal de ovinos con solución buffer de Goering-Van Soest siguiendo protocolo de Ankom (Ankom Procedure 173). Todos los análisis fueron realizados por duplicado. El consumo de materia seca (CMS) individual fue promediado de los datos de MS ofrecida menos MS rechazada de cada día. La energía digestible (ED) se estimó a partir de los valores de EB y de los valores de DIVMO de los ofrecidos. El valor de energía metabolizable (EM) se estimó a partir de los valores de ED utilizando el factor de conversión 0,82. Los valores de energía neta de mantenimiento (ENm) y de ganancia (ENg) se estimaron a partir de la EM de la dieta usando las ecuaciones de Lofgreen y Garrett (1968). A partir de los datos de energía se estimaron los consumos individuales de EM (CEM) como la diferencia entre la EM de la dieta ofrecida y la EM del rechazo.

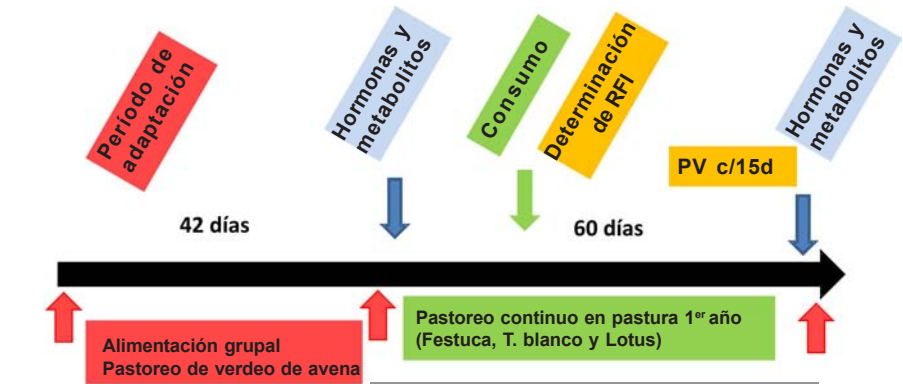
Las terneras fueron pesadas en los días -1, 14, 28, 42 y 57, siendo el día 0 el del inicio del experimento. Los animales se pesaron sin ayuno previo antes de la distribución del alimento de la mañana.

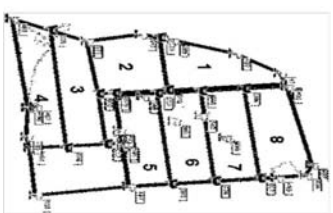
Experimento II. Evaluación de RFI en animales en pastoreo de pastura mezcla (gramíneas:leguminosas) de alta disponibilidad y calidad.

Veinticuatro terneras Angus previamente evaluadas en el experimento en confinamiento fueron evaluadas para RFI en pastoreo. Los animales presentaban al inicio del experimento un PV de 294 kg (SD = 37,4) y una edad promedio de 369 días (SD = 27,6). Previo a la evaluación en pastoreo, los animales tuvieron una adaptación de 42 días sobre una pastura de avena. Doce vaquillonas de cada grupo fueron bloqueadas según PV y RFI y aleatoriamente asignadas a 4 parcelas experimentales. Se mantuvo el mismo esquema sanitario seguido en el Exp I.

El experimento fue realizado sobre una pastura mezcla de festuca, lotus y trébol blanco (*Festuca arundinacea*, cv. La Sorpresa; 15 kg; *Lotus corniculatus*, cv. San Gabriel; 10 kg y *Trifolium repens*, cv. Zapican; 2 kg) sembrada el 5 de mayo 2010 y fertilizada con 100 kg de 18-46-0 (N-P-K). Los animales estuvieron en pastoreo continuo y tuvieron acceso a sombra, agua limpia mezclada con un antiespumante para prevenir el meteorismo (Bloker, Biotay, Bs. As. Argentina) y a un suplemento mineral (Cobalfosal 19/20, Ca max: 15%, P max: 10% humedad max: 2%, minerales totales: 90%, NaCl max: 42%, Zn, Mn, Cu, Co y Se; Barraca Deambrosi, S. A, Montevideo, Uruguay) distribuido dos veces por semana. Para mantener una asignación de forraje similar entre las parcelas, se creó un área buffer que permitió modificar el área de pastoreo según la necesidad.

Se caracterizó la composición botánica y se midió la disponibilidad de forraje (utilizando la técnica de BOTANAL- Coates y Peanning, 2001) al inicio y al final del periodo de pastoreo. Una descripción general de la pastura utilizada en el experimento se presenta en la Figura 2. La biomasa de la pastura fue medida semanalmente usando un plato para medir altura comprimida (Ashgrove Plate Meter, Hamilton, New Zealand). Se tomaron muestras de forraje al inicio y al final del periodo de pastoreo así como muestras de «hand-plucked». En las mismas se determinó MS analítica, cenizas, PC, FDNmo, FDAmo y LIGsa. Los contenidos de EB y DIVMO fueron utilizadas para determinar la





Descripción de la pastura al inicio y al final del experimento	Inicio	Final
Disponibilidad (kg ha/MS)	4350	3500
Composición botánica (%)		
Festuca	56	53
Lotus	21	12
Trébol blanco	19	4
PC (%bs)	15	12
FDN (%bs)	45	48
ME (Mcal/*kgMS)	2,7	2,5

Figura 2. Protocolo experimental simplificado del Experimento II.

concentración de EM usando la conversión ED x 0,82. Todas las determinaciones se realizaron utilizando los mismos procedimientos que se usaron en el Exp. I.

El consumo de pastura individual fue realizado a la mitad del período de evaluación usando la técnica de doble alcanos, determinando los alcanos de cadena impar (C23 a C35) y C32 (dotricontano) (mg/kg MS) siguiendo el protocolo de Dove y Mayes (2006) con modificaciones de Bakker y Alvarado (2006) en el Laboratorio de la Facultad de Ciencias Veterinarias UNPCBA, Tandil, Argentina.

Las vaquillonas fueron pesadas cada 2 semanas sin ayuno previo en las primeras horas de la mañana. El experimento tuvo una duración de 60 días. En la Figura 2 se presenta esquematizado el protocolo experimental seguido en este experimento.

Cálculos de las medidas de eficiencia para los Exp I y II

Las ganancias diarias de peso (GDP) fueron estimadas por regresión lineal incluyendo el PV inicial usando el procedimiento REG del SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). El peso metabólico a la mitad del periodo (PMM) fue calculado como PV^0,75 a los 28 y 30 días en los Exp I y II, respectivamente.

El RFI fue calculado para cada animal como la diferencia entre el CMS observado y el CMS esperado (CMSE) o como la diferencia entre el CEM y el consumo de EM esperado (CEME). El CMSE fue estimado para cada animal usando 2 diferentes modelos: (1) RFI fenotípicos, según definición de Koch *et al.* (1963) - RFI_K, y su correspondiente valor de RFI expresado en términos de EM ($RFIK_{EM}$) en el cual los CMSE/CEME fueron obtenidos de la regresión de los CMS o CEM observados con las GDP y PMM y (2) RFI estimados según estándares de alimentación: RFIF, a partir del CMS observado y el CMSE basado en las ecuaciones desarrolladas para predecir los requerimientos de ganado de carne según NRC (2000) descrito por Fan *et al.* (1995) y RFI_{SCA} a partir del CMSE derivado de las ecuaciones del SCA Australiano (1990). La conversión de alimento (CMS: GDP) fue calculada como la relación entre el CMS promedio y la GDP obtenida de la regresión para cada animal.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados en un diseño completamente al azar considerando el animal como la unidad experimental. Los modelos de estimación de CMS incluyeron la edad al inicio del experimento y el grupo genotípico como efectos fijos y la cabaña de origen como efecto aleatorio. En el experimento II además de los efectos mencionados se consideró la parcela también como efecto aleatorio. El efecto del grupo genotípico (V y C) sobre el CMS, GDP, RFI (RFI_K, $RFIK_{EM}$, RFI_F, RFI_{SCA}) y eficiencia de conversión fueron analizados por procedimientos de mínimos cuadrados usando el PROC MIXED del SAS. Se determinaron los coeficientes de correlación de Pearson entre las variables de performance y entre los modelos de RFI usando el PROC CORR del SAS. Se calculó el coeficiente de correlación rankeado de Spearman para determinar el grado de correlación entre las dos evaluaciones de RFI. Las medias fueron comparadas por el test de comparación de medias de Tukey. Se reportó como efecto significativo cuando $P < 0,05$ y como tendencia cuando $0,05 < P \leq 0,1$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento I

Los resultados de la evaluación de eficiencia a través del RFI de las terneras en confinamiento consumiendo una dieta con alta concentración de energía se presentan en el Cuadro 1. Los animales que pertenecían al grupo V fueron más eficientes utilizando el modelo RFIF. Utilizando los otros modelos de estimación de RFI, los animales del grupo V mostraron tendencias en el mismo sentido. Los modelos utilizados para calcular los CMSE contienen, en esencia, los mismos parámetros para la estimación de los requerimientos de mantenimiento y producción, salvo que en RFI_F y RFI_{SCA} se utiliza la información de la concentración de EM de las dietas individuales. Los parámetros que demuestran la calidad de la información (CMS y GDP) para obtener los valores de RFI fue-

Cuadro 1. Efecto de los diferentes genotipos en medidas de performance y de eficiencias en terneras Angus evaluadas en confinamiento

	[1]Grupos de animales que difieren en sus genotipos			
	V	C	SE	P- value
N° de animales	19	19		
[2]Edad, d	261± 34	264 ± 17		
PV inicial, kg	187,1 ± 32,9	185,2 ± 33,6		
GDP, kg/d	1,24	1,24	0,03	0,875
CMS, kg/d	6,65	6,89	0,49	0,099
[3]CEM, Mcal d/EM	16,72	17,41	1,44	0,063
[4]RFI_K, kg d/MS	-0,111	0,111	0,092	0,097
[5]RFI_{KEM}, Mcal d/EM	-0,328	0,328	0,240	0,061
[6]RFI_F, kg d/MS	-0,192	0,192	0,106	0,015
[7]RFI_{SCA}, kg d/MS	-0,139	0,139	0,097	0,051
[8]EF (CMS:GDP)	5,819	5,813	0,140	0,981

[1]V: grupo validación: animales portando los alelos «favorables» de SNPs NPY, IGF-1 y LEP simultáneamente, C: grupo control: animales portando los alelos «desfavorables» de SNPs NPY, IGF-1 y LEP simultaneamente
[2]Edad al inicio de la evaluación en pastoreo.
[3]Consumo de energía metabolizable.
[4]Consumo de alimento residual según Koch *et al.* (1963).
[5]Consumo de alimento residual según Koch *et al.* (1963) expresado en energía metabolizable.
[6]Consumo de alimento residual según Fan *et al.* (1995).
[7]Consumo de alimento residual según Standing Committee on Agriculture (1990).
[8]Eficiencia de conversión.

ron adecuados. Los R^2 de las curvas de crecimiento individual fueron > 0,9 y los R^2 de los modelos que explicaron la variación en los CMS observados fueron ≥ 0,85. En condiciones de confinamiento y con dietas de concentración energética entre medianas y altas, otros autores evaluando animales en crecimiento (Basarab *et al.,* 2003; Schenkel *et al.,* 2004; Nkrumah *et al.,* 2004; Lancaster *et al.,* 2009, Kelly *et al.,* 2010), han reportado valores de CMS y GDP comparables a los obtenidos en nuestro trabajo.

La diferencia encontrada en RFI entre el grupo V y el grupo C significa que los animales del grupo V consumieron entre 0,2 y 0,38 kg de MS menos por animal y por día (dependiendo del modelo utilizado) que los del grupo C. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Nkrumah *et al.* (2004) para el alelo C del SNPLEP, estos autores encontraron que los animales homocigotos para el alelo C consumieron 0,36 kg de MS menos que los homocigotas para el alelo T. Considerando el SNPLEP, las diferencias en RFI podrían estar relacionadas con cambios en la acción biológica de la hormona leptina o con sus niveles circulantes, modificando el balance de energía y la composición corporal (Corva *et al.,* 2009). En el trabajo de Sherman *et al.* (2008) se reporta que los animales homocigotas para el alelo G del SNPNPY consumieron 0,22 kg de MS menos que los homocigotos para el alelo A. Este valor también es concordante con el resultado obtenido en el presente estudio. En lo referido a IGF-1, investigaciones realizadas en toros y vaquillonas demostraron que las concentraciones séricas de IGF-1 estuvieron fenotípicamente (Brown *et al.,* 2004) y genéticamente (Moore *et al.,* 2005) correlacionadas con RFI. Además, Ge *et al.* (2001) reportaron que los animales homocigotos para el alelo C presentaron menor concentración de IGF-1 que los homocigotos para el alelo T (dentro de una línea divergente de alta concentración de IGF-1 en sangre). No hemos encontrado estudios que reporten asociaciones entre SNPIGF-1 y RFI en ganado de carne. Sin embargo, estudios previos (Ge *et al.,* 2001; Curi *et al.,* 2005) demostraron una asociación entre animales homocigotos para el alelo C y mayor crecimiento tanto en ganado puro Angus como en animales cruzas.

El RFI no estuvo correlacionado ni con la GDP ni con el PMM como era de esperar por su definición. Se observaron correlaciones significativas pero moderadas entre CMS y RFI y entre CMS y eficiencia de conversión (r = 0,38, P = 0,017; r = 0,33, P = 0,045, respectivamente), mientras que se encontraron altas correlaciones entre CMS y CEM, GDP, PV inicial y PMM (r = 0,99, P < 0,001; r = 0,76, P < 0,001; r = 0,83, P < 0,001; r = 0,88, P < 0,001, respectivamente). La eficiencia de conversión estuvo negativamente correlacionada con GDP (r = -0,36, P = 0,025). Estos resultados fueron también consistentes con estudios previos en donde se observaron correlaciones positivas entre RFI y CMS en rodeos de razas británicas (Herd y Bishop, 2000; Arthur *et al*. 2001).

Experimento II

Los valores de RFI obtenidos en las vaquillonas evaluadas en condiciones de pastoreo mostraron que el genotipo estuvo asociado significativamente con el RFI (Cuadro 2). Las terneras pertenecientes al grupo V comieron 2 kg de MS menos por día que las terneras del grupo C, como se observa en el valor medio de RFI_K de cada grupo. El valor obtenido de RFI_K es equivalente a 21% del CMS promedio diario. Al usar los modelos alternativos utilizados para estimar RFI se alcanzaron resultados similares. Al igual que sucedió en el Exp 1, los animales tuvieron un crecimiento adecuado durante el experimento en pastoreo, siendo los R^2 de las curvas de crecimiento individual > 0,9. De la misma manera, los coeficientes de correlación fueron altos y positivos cuando se estudió la relación entre los diferentes modelos para estimar los RFI. Sin embargo, la variación en CMS explicada por los distintos modelos fue moderada (R^2 entre 0,55-0,70) siendo menor a la encontrada en el Experimento 1. Esta diferencia puede ser parcialmente explicada por el tipo de dieta, por la precisión de las mediciones y por la edad de los animales. Las condiciones de pastoreo implican una mayor variación de nutrientes ofertados y consumidos cuando se compara

Cuadro 2. Efecto de los diferentes genotipos en medidas de performance y de eficiencias en vaquillonas Angus evaluadas en pastoreo

	[1]Grupos de animales que difieren en sus genotipos			
	V	C	SE	P- value
N° de animales	12	12		
[2]Edad, d	364 ± 34	375 ± 17		
PV inicial, kg	288,2 ± 39	299,8 ± 35		
GDP, kg/d	1,40	1,37	0,05	0,788
CMS, kg/d	8,76	10,93	0,71	0,005
[3]CEM, Mcal d/EM	25,52	31,72	2,09	0,006
[4]RFI_K, kg d/MS	1,021	-1,021	0,42	0,002
[5]RFI_{KEM} , Mcal d/EM	2,914	-2,914	1,20	0,002
[6]RFI_F, kg d/MS	1,078	-1,078	0,46	0,003
[7]RFI_{SCA}, kg d/MS	0,880	-0,880	0,38	0,004
[8]EF (CMS:GDP)	6,407	6,962	0,46	0,214

[1]V: grupo validación: animales portando los alelos «favorables» de SNPs NPY, IGF-1 y LEP simultáneamente, C: grupo control: animales portando los alelos «desfavorables» de SNPs NPY, IGF-1 y LEP simultaneamente
[2]Edad al inicio de la evaluación en pastoreo.
[3]Consumo de energía metabolizable.
[4]Consumo de alimento residual según Koch *et al.* (1963).
[5]Consumo de alimento residual según Koch *et al.* (1963) expresado en energía metabolizable.
[6]Consumo de alimento residual según Fan *et al.* (1995).
[7]Consumo de alimento residual según Standing Committee on Agriculture (1990).
[8]Eficiencia de conversión.

con dieta totalmente mezcladas (como la ofrecida en el Exp 1) (Chilibroste *et al.,* 1997; Parsons *et al.,* 1994; Thornley *et al.,* 1994; Decruyenaere *et al.,* 2009). Asimismo, algunos atributos de la pastura, como la altura, estructura, y densidad interaccionan con el comportamiento animal contribuyendo a explicar diferentes patrones de ingestión, digestión y disponibilidad de nutrientes cuando se comparan dietas concentradas en nutrientes con dietas pastoriles (Chilibroste *et al.,* 2005).

La mayoría de la información publicada de RFI en ganado de carne ha sido realizada en condiciones de confinamiento y consumiendo dietas ricas en concentrados. Relativamente pocos trabajos han medido RFI en ganado de carne en condiciones de pastoreo (Herd *et al.,* 1998; Herd *et al.,* 2002; Herd *et al.,* 2004; Meyer *et al.,* 2008; Lawrence *et al.,* 2012). Sin embargo, no hemos encontrado trabajos que evaluaran RFI en vaquillonas en crecimiento en condiciones pastoriles de alta calidad y disponibilidad de pasturas templadas, menos aún relacionados con marcadores moleculares para eficiencia. Las condiciones de nuestro experimento (alta asignación de forraje de alta calidad) permitieron a las vaquillonas realizar altos consumos concomitantes con altas ganancias de peso. Nuestros resultados concuerdan con las diferencias numéricas en CMS de forrajes reportadas por Herd *et al.* (2002) y con las diferencias numéricas (aunque no significativas) reportadas por Meyer *et al.* (2008).

Bajo las condiciones de este experimento, las correlaciones entre CMS y RFI y entre CMS y eficiencia de conversión fueron altas y significativas (r = 0,48, P = 0,001; r = 0,85, P < 0,001; respectivamente). La correlación rankeada de Spearman entre las dos evaluaciones secuenciales (confinamiento y pastoreo) de RFI fue moderada y significativamente diferente de cero (r = 0,50, P = 0,012) indicando que algunos animales deben haber cambiado su posición relativa en cada una de las dietas, remarcando la importancia que ejerce el ambiente en esta medida fenotípica. Otros autores también han demostrado diferente ranking en RFI en animales que fueron simultáneamente evaluados con dietas diferentes (Goonewardene *et*

al., 2004; Durunna *et al.,* 2011). Es importante mencionar que en nuestros experimentos, aunque las mediciones de RFI fueron obtenidas durante un corto período dentro de la etapa de crecimiento, el estatus fisiológico de alguno de los animales pudo haber cambiado de una evaluación a otra provocando diferente performance animal. Asimismo, la composición de la ganancia de ambos grupos de animales podría revelar información que explicara también estos resultados. Investigaciones en eficiencia alimenticia aconsejan incorporar en el cálculo de RFI medidas de la composición corporal tales como la grasa dorsal, área del ojo de bife y porcentaje de grasa intramuscular ya que los requerimientos variarán también de acuerdo a la composición de la ganancia (Basarab *et al.,* 2003; Crew, 2006)

CONCLUSIONES

Los resultados demostraron una asociación significativa entre los SNPs seleccionados y la eficiencia alimenticia medida como RFI. Se observó un efecto mayor cuando los animales se evaluaron bajo condiciones de pastoreo de una pastura de alta calidad y disponibilidad de MS, mientras que bajo condiciones de confinamiento y consumiendo una dieta concentrada en energía la asociación encontrada no fue tan significativa. Este trabajo constituye el primer reporte relativo a la asociación entre la combinación de 3 SNPs localizados en los genes que codifican para NPY, LEP e IGF-1 evaluada en condición de confinamiento y en pastoreo en ganado de carne. Se requiere mayor investigación para validar esta asociación con mayor número de animales y para conocer las razones biológicas que estarían explicando la asociación encontrada.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial va dirigido a la Sociedad de Criadores Aberdeen Angus, sin su apoyo no hubiera sido posible realizar la investigación. La hospitalidad que manifestaron y la confianza que los productores Angus depositaron en nosotros permitieron culminar con éxito todos los estudios. Dentro de ellos se encuentra la Escuela Agraria «La Carolina» (UTU) que también nos abrieron sus puertas apoyando nuestro trabajo.

Asimismo, queremos también agradecer a otras instituciones y personas que contribuyeron en este trabajo:

-Instituciones que aportaron materiales y/o apoyo técnico y que también hicieron posible la investigación desarrollada: Copagran, Laboratorio Santa Helena S. A., Barraca Deambrosis S. A., Caja Bancaria, equipo técnico de INIA Tacuarembó así como al Dr. C. López de Facultad de Agronomía (por su apoyo con las medidas de ultrasonografía) y Laboratorio de la Facultad de Ciencias Veterinarias-UNCPBA en Tandil, Argentina (por su apoyo técnico en las estimaciones del consumo en pastoreo a través de María Bakker).

-Estudiantes de grado de la Facultada de Agronomía que colaboraron en algunas o en la mayoría de las etapas de esta investigación: Santiago Gómez de Freitas, Ana Kaitazoff, Dayana Machado Ma. J. Abud, Felipe Lecueder, Matías Franco-Fraguas, Carolina Gaudenti, Isabel García, Mateo Ceriani, Federico Pereira, Valentina Puig, Sebastián Aguirre, D. Gamma y Rodrigo Madruga.

-Victoria Cal por su participación y apoyo en las mediciones de campo de consumo en pastoreo.

-Juan Pablo Marchelli por el apoyo incondicional en la conducción de los experimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANKOM PROCEDURE 173. 2012. [En línea].Consultado 3 jul. 2013. Disponible en:http://www.ankom.com/media/documents/173_Buffer_Inoculum_SamplePrep.pdf

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

ARCHER, J. A.; RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. 1999. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: a review. Australian Journal of Agricultural Research 50:147-161.

ARCHER, J. A.; BERGH, L. 2000. Duration of performance tests for growth rate, feed intake and feed efficiency in four biological types of beef cattle. Livestock Production Science 65:47-55.

ARCHER, J. A.; REVERTER, A.; HERD, R. M.; JOHNSTON, D. J. ARTHUR, P. F. 2002. Genetic variation in feed intake and efficiency of mature beef cows and relationships with postweaning measurements. WORD CONGRESS OF GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION (7°, 2002, Montpellier, Francia) Montpellier: INRA. p. 90-93.

ARTHUR, P F.; ARCHER, J. A.; JOHNSTON, D. J.; HERD, R. M.; RICHARDSON, E. C.; PARNELL, P. E. 2001. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency and other post-weaning traits in Angus cattle. Journal of Animal Science 79(11): 2805-2811.

BAKKER, M.L.; ALVARADO, P. 2006. Alcanos lineales de la cera cuticular de hojas de *Populus alba*, *Populus deltoides* (salicaceae), *Robinia seudoacacia* (fabaceae), *ulmus pumila* (ulmaceae) y *Fraxinus americana* (oleaceae) en Tandil, Buenos Aires, Argentina. Darwiniana 44(1): 58-63.

BASARAB, J.; PRICE, M. A.; AALHUS, J. L.; OKINE, E. K.; SNELLING, W. M.; LYLE K. L. 2003. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. Canadian Journal of Animal Science 83(2):189-204.

BROWN, E. G.; CARSTENS, G. E.; FOX, J. T.; CURLEY JR, K.O.; BRYAN, T. M.; SLAY, L. J.; WELSH JR, T. H.; RANDEL, R. D.; HOLLWAY, JW. KEISLER, D. H. 2004. Physiological indicators of performance and feed efficiency traits in growing steers and bulls. Journal of Animal Science 82(Suppl 2):54 (Abstr.).

CHILIBROSTE, P.; TAMMINGA, S.; BOER, H. 1997. Effects of length of grazing session, rumen fill and starvation time before grazing on dry-matter intake, ingestive behaviour and dry-matter rumen pool sizes of grazing lactating dairy cows. Grass and Forage Science 52(3): 249–257.

CHILIBROSTE, P.; GIBB, M. J.; TAMMINGA, S. 2005. Pasture characteristics and animal performance. En: Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism, 2a. ed. Dijkstra, J.; Forbes, J.M.; France, (eds.). Wallingford, United Kingdom: CAB International, v.2, p. 681-706.

CORVA, P. M.; FERNANDEZ MACEDO, G.V.; SORIA, L.A.; PAPALEO MAZZUCCO, J.; MOTTER, M.; VILLARREAL, E. L SCHOR, C.A.; MEZZADRA, C.A.; MELUCCI, L.M.; MIGUEL, M.C. 2009. Effect of leptin gene polymorphisms on growth, slaughter and meat quality traits of grazing Brangus steers. Genetics and Molecular Research 8(1): 105-16.

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.

CREWS JR., D H.; POLLAK, E.J.; WEABER, R.L.; QUAAS, R.L.; LIPSEY, R.J. 2003. Genetic parameters for carcass traits and their live animal indicators in Simmental cattle. Journal of Animal Science 81(6):1427-1433.

CREWS JR., D. H. 2005. Genetics of efficient feed utilization and national cattle evaluation: a review. Genetics and Molecular Research 4(2):152-165.

CURI, R.A.; OLIVEIRA, H.N. de; SILVEIRA, A.C.; LOPEZ,C.R. 2005. Association between IGF-I, IGF-IR and GHRH gene polymorphisms and growth and carcass traits in beef cattle. Livestock Science 94(3):159-167.

DECRUYENAERE, V.; BULGEN, A.; STILMANT, D. 2009. Factors affecting intake by grazing ruminants and related quantification methods: a review. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 13: 559-573.

DOVE, H.; MAYES, R.W. 1991. The use of plant wax alkanes as markers substances in studies of the nutrition of herbivores: A review. Australian Journal of Agricultural Research 42(6):913–957.

DOVE, H.; MAYES, R.W. 2006. Protocol for the analysis of n-alkanes and other plant-wax compounds and for their use as markers for quantifying the nutrient supply of large mammalian herbivores. Nature Protocols 1:1680–1697.

DURUNNA, O.N.; MUJIBI, F. D.; GOONEWARDENE, L.; OKINE, E. K.; BASARAB, J. A.; WANG, Z.; MOORE, S.S. 2011. Feed efficiency differences and reranking in beef steers fed grower and finisher diets. Journal of Animal Science 89(1):158-167.

FAN,L.Q.; BAILEY, D. R.; SHANNON, N. H. 1995. Genetic parameter estimation of postweaning gain, feed intake, and feed efficiency for Hereford and Angus bulls fed two different diets. Journal of Animal Science 73(2):365-372.

GE, W.; DAVIS, M. E.; HINES, H.C.; IRVIN, K.M.; SIMMEN, R.C. 2001. Association of a genetic marker with blood serum insulin-like growth factor-I concentration and growth traits in Angus cattle. Journal of Animal Science 79(7):1757-1762.

GOONEWARDENE, L.A.; OKINE, E. K.; WANG, Z.; SPANER, D.; MIR, P.S.; MIR, Z.; MARX, T. 2004. Residual metabolizable energy intake and its association with diet and test duration. Cananadian Journal of Animal Science 84(2):291-295.

HERD, R.M.; RICHARDSON, E. C.; HEGARTY, R.S.; WOODGATE, R.; ACHER, A.; ARTHUR, P.F. 1998. Pasture intake by high versus low net feed efficient Angus cows. Animal Production in Australia 22:137-140.

HERD, R.M.; BISHOP, S.C. 2000. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle. Livestock Production Science 63(2):111-119.

HERD, R.M.; ARCHER, J.A. ARTHUR, P.F. 2003. Selection for low post-weaning residual feed intake improves feed efficiency of steers in the feedlot. Proceedings of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics 15:310-313.

HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. 2003. Reducing the cost of beef production through genetic improvement of feed intake: Opportunity and challenges to application. Journal of Animal Science 81:E9-E17.

KELLY, A.K.; MCGREE, M.; CREWS JR., D.H.; FAHEY, A.G.; WYLIE, A.R.; KENNY, D.A. 2010. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. Journal of Animal Science 88(1):109-123.

KELLY, A.K.; MCGREE, M.; CREWS JR., D.H.; LYNCH, C.O.; WYLIE, A.R.; EVANS, R.D.;KENNY, D.A. 2011. Relationship between body measurements, metabolic hormones, metabolites and residual feed intake in performance tested pedigree beef bulls. Livestock Science 135(1):8-16.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. Journal of Animal Science 22(2):486-494.

KOLATH, W.H.; KERLEY, M.S.; GOLDEN, J.W.; KEISLER, D.H. 2006. The relationship between mitochondrial function and residual feed intake in Angus steers. Journal of Animal Science 84(4):861-865.

LANCASTER, P.A.; CARSTENS, G.E.; RIBEIRO, F.R.B.; TEDESCHI, L O.; CREWS JR., D. H. 2009. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. Journal of Animal Science 87(4):1528-1539.

LAWRENCE, P.; KENNY, D.A.; EARLEY, B.; MCGEE, M. 2012. Grazed grass herbage intake and performance of beef heifers with predetermined phenotypic residual feed intake classification. Animal 6(10):1648-1661.

LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W. N. 1968. A System for Expressing Net Energy Requirements and Feed Values for Growing and Finishing Beef Cattle. Journal of Animal Science 27(3):793-806.

MEYER, A.M.; KERLEY, M.S.; KALLENBACH, R.L. 2008. The effect of residual feed intake classification on forage intake by grazing beef cows. Journal of Animal Science 86(10):2670-2679.

MOORE, K.L.; JOHNSTON, D.J.; GRASER, H.U.; HERD, R.M. 2005. Genetic and phenotypic relationships between insulin-like growth factor-I (IGF-I) and net feed intake, fat, and growth traits in Angus beef cattle. Australian Journal of Agricultural Research 56(3):211-218.

NKRUMAH, J.D.; LI, C.; BASARAB, J.A.; GUERCIO, S.; MENG, Y.; MURDOCH, B.; JANSEN. C.; MOORE, S.S. 2004. Association of a single nucleotide polymorphism in the bovine leptin gene with feed intake, feed efficiency, growth, feeding behaviour, carcass quality and

body composition. Cananadian Journal of Animal Science 84(2):211–219.

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

PARSONS, A.J.; THORNLEY, J.H.M.; NEWMAN J.; PENNING, P.D. 1994. A mechanistic model of some physical determinants of intake rate and diet selection in a two-species temperate grassland sward. Functional Ecology 8(2):187-204.

PLAN AGROPECUARIO; MGAP. 2012. [En línea]. Presentación de los Resultados del Programa de Monitoreo de Empresas Ganaderas. Consultado 3 jul. 2013. Disponible en: http://www.planagro.com.uy/

RICHARDSON, E. C.; HERD, R.M.; ODDY, V.H.; THOMPSON, J.M.; ARCHER J. A.; ARTHUR, P.F. 2002. Body composition and implications for heat production of Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. Australian Journal of Experimental Agriculture 41(7):1065-1072.

STANDING COMMITTEE ON AGRICULTURE (SCA). 1990. Feeding standards for australian livestock. Ruminants. East Melbourne, Australia: CSIRO Publications. 266 p.

SCHENKEL, F.S.; MILLER, S. P.; WILTON, J. W. 2003. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. Canadian Journal of Animal Science 84:177-185.

SHERMAN, E.L.; NKRUMAH, J. D.; MURDOCH, B.M.; LI, C.; WANG, Z.; FU, A.; MOORE, S.S. 2008. Polymorphisms and haplotypes in the bovine neuropeptide Y, growth hormone receptor, ghrelin, insulin-like growth factor 2, and uncoupling proteins 2 and 3 genes and their associations with measures of growth, performance, feed efficiency, and carcass merit in beef cattle. Journal of Animal Science 86(1):1-16.

THORNLEY, J.H.M.; PARSONS, A.J.; NEWMAN, J.; PENNING, P.D. 1994. A cost-benefit model of grazing intake and diet selection in a two-species temperate grassland sward. Functional Ecology 8(1):5-16.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74(10):3583-3597.

TRUJILLO, A.I.; PEÑAGARICANO, F.; GRIGNOLA, M. P.; NICOLINI, P.; CASAL, A.; ESPASANDÍN, A.C.; NAYA, H.; CARRIQUIRY, M.; CHILIBROSTE, P. 2012. Using high resolution melting analysis to identify variation of NPY, LEP and IGF-1 genes in Angus cattle. Livestock Science 146(2-3):193-198.

SUPLEMENTACIÓN PREFERENCIAL DEL TERNERO: UNA ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA CRÍA VACUNA

Carolina Viñoles.[1], Diana Guggeri[2]
Juan M. Soares de Lima[3]
Fabio Montossi[4]

RESUMEN

Este trabajo presenta información sobre el efecto del creep feeding en la eficiencia reproductiva de la vaca y en el desarrollo y eficiencia reproductiva de la ternera de los 2 a 27 meses de edad. El creep feeding no afectó la eficiencia reproductiva de vacas multíparas, pero aumentó la tasa de ganancia y peso al destete de las terneras, promoviendo una menor edad a la pubertad. El adelanto en la pubertad, se asoció con un mejor funcionamiento del eje somatotrófico (mayores niveles circulantes de IGF-I, expresión hepática del receptor de GH, expresión de ARNm de IGF-I e IGF-II en el útero) y mayores concentraciones de progesterona, que determinaron una preñez más temprana al entore de 13-15 meses. Terneras destetadas en forma precoz, fueron más livianas al primer servicio y al parto, pero esto no afectó el desarrollo de los terneros, la producción de leche ni la fertilidad de las vacas al segundo servicio. Sin embargo, la progenie de vacas que recibieron creep feeding, fue más liviana y sus dimensiones menores al nacimiento, y tuvieron tasas de ganancias menores asociadas a la menor producción de leche de sus madres. El creep feeding no tuvo efectos de largo plazo en el segundo entore, que superó el 89% de preñez cuando las vacas fueron sometidas a altos planos nutricionales pre y pos-parto. El uso de esta herramienta debe ser considerada evaluando en forma global las ventajas y desventajas que presenta en las diferentes etapas del ciclo productivo de las vacas de cría.

Palabras clave: creep feeding, peso al destete, pubertad, preñez

ABSTRACT

This article summarises information on the effect of creep feeding on the reproductive efficiency of the dams, and the growth and reproductive performance of the female calve from 2 to 27 months of age. Creep feeding had no effect on the reproductive efficiency of multiparous cows, but increased the daily weight gain and weaning weight of the calves, stimulating an earlier attainment of puberty. The earlier attainment of puberty was associated to higher concentration of IGF-I in plasma, a greater expression of the GH receptor in the liver, and greater expression of IGF-I and II in the uterus. Creep feed calves had higher progesterone concentrations, inducing an earlier and higher pregnancy rate at first service with 13-15 month of age. Early weaned calves were lighter at first service and calving, but milk production; growth and development of their calves, and fertility were not affected. However, the progeny of creep feed cows were smaller and lighter at birth, and grew slower due to a decrease in their milk production. Creep feeding had no long-term effect

[1]D.M.V., PhD. Programa Nacional de Carne y Lana –INIA Tacuarembó.
[2]D.M.V. Estudiante de posgrado, Facultad de Veterinaria.
[3]Ing. Agr., PhD. Programa Nacional de Carne y Lana –INIA Tacuarembó.
[4]Ing. Agr., PhD. Director del Programa Nacional de Carne y Lana.

on the pregnancy rate at second service, which was greater than 89% due to the high plane of nutrition before and after calving in all cows. The use of this tool must be considered evaluating the advantages and disadvantages during the whole reproductive cycle of the cows.

Key words: creep feeding, weaning weight, puberty, pregnancy rate

INTRODUCCIÓN

La ganadería de carne está transitando un período de precios y relaciones flaco/gordo notoriamente superiores a las históricas, lo que permite valorizar la producción y lograr una mejor rentabilidad en predios criadores. En este contexto, es importante brindar herramientas para que los productores puedan elevar la productividad y de esa forma mejorar el ingreso económico de sus sistemas.

Publicaciones recientes de este equipo de trabajo demuestran la conveniencia económica de la incorporación de pasturas mejoradas, la suplementación estratégica, la reducción de la edad al primer entore, el engorde de vacas falladas, y el aumento del peso de venta de los productos de la cría (Montossi y Soares de Lima, 2011, Soares de Lima y Montossi, 2012). El uso de éstas estrategias puede significar un incremento de un 100% en el ingreso del predio criador y ello se magnifica cuando la relación de precio ternero/novillo gordo es igual o superior a 1.3. En este escenario, la reducción de la edad de entore es un factor clave en la mejora de la eficiencia del sistema. Estos ejemplos son parte de la realidad de la ganadería moderna de Nueva Zelanda, Australia y EE.UU., donde una importante proporción de vaquillonas de remplazo tienen 15 meses al primer entore. Uruguay tiene un importante camino para recorrer en este sentido, particularmente en conocer las implicancias productivas y económicas de la reducción de la edad de entore a los 15 meses en nuestros rodeos de cría.

LIMITANTES A NIVEL PRODUCTIVO

Una de las características de los sistemas criadores del país, es la estacionalidad de los partos, lo que determina que la fase de mayor crecimiento de los terneros ocurra durante el verano. En suelos de Basalto superficiales y medios, de baja capacidad de retención de agua, existe una alta probabilidad de registrar déficits hídricos en estos meses y por ende, reducidas tasas de crecimiento y baja calidad de las pasturas nativas (Berretta y Bemhaja, 1998). A partir de los 2 meses de edad, los requerimientos de los terneros no pueden ser cubiertos por la leche materna, y la disponibilidad de forraje también es limitante para que los terneros expresen su potencial genético de crecimiento. Es aquí donde la nutrición focalizada con concentrados (creep feeding (CF)) y pasturas (creep grazing) pueden ser estratégicamente utilizados para favorecer el crecimiento de esta categoría (Pigurina *et al.,* 2000, Scaglia, 2004). El uso de concentrados reviste menores riesgos, ya que una situación de sequía podría afectar el crecimiento de pasturas mejoradas, y poner en riesgo la inversión realizada.

ALTERNATIVAS BAJO ESTUDIO: LA INCORPORACIÓN DEL CREEP FEEDING

El CF o suplementación preferencial del ternero es una práctica muy antigua (Bray, 1934), que consiste en administrar suplementos nutricionales (concentrados) a terneros lactantes. La comida es administrada utilizando escamoteadores u otro tipo de barrera física que impida el ingreso de las vacas al área de suplementación. Sin embargo, los terneros tienen acceso irrestricto a la leche materna. Las recomendaciones para elegir el área adecuada, y el manejo de los terneros para enseñarlos a comer, fueron descritas anteriormente (Viñoles *et al.,* 2012a).

Efecto del creep feeding en las madres

La baja eficiencia reproductiva de los vientres (64%), determinada por la duración del

anestro posparto y la elevada edad al primer entore, es la principal limitante de nuestros sistemas criadores (Viñoles *et al.,* 2009). El manejo del amamantamiento y la nutrición, pueden ser manipuladas para mejorar los indicadores de eficiencia reproductiva (Short *et al.,* 1990). El efecto benéfico del destete precoz (DP) sobre la recuperación de la condición corporal y la preñez de las vacas ha sido descrito (Quintans *et al.,* 2009). Se ha sugerido que el CF, además de incrementar la tasa de ganancia de peso de los terneros, promueve incrementos en el peso vivo, condición corporal y porcentaje de preñez en las vacas (Stricker *et al.,* 1979). Sin embargo, el efecto del CF sobre los porcentajes de preñez de las vacas ha generado resultados inconsistentes (Fordyce *et al.,* 1996, Nogueira *et al.,* 2006). En nuestras condiciones de producción, el CF no afectó el peso vivo ni la condición corporal de las vacas mulíparas, por lo que no tuvo impacto en su desempeño reproductivo (Michelena *et al.,* 2008, Betancurt *et al.,* 2009) (Viñoles *et al.,* 2013b). Estos resultados son opuestos a los obtenidos por Cremin *et al.* (1991), quienes describen un incremento en la ganancia de peso en las madres cuyos terneros fueron suplementados *ab libitum*. En forma similar, Gelvin *et al.,* (2004) observan que las vacas cuyos terneros fueron suplementados tendieron a presentar una mayor ganancia de peso vivo, respecto a vacas cuyos terneros no fueron suplementados, pero no observaron un efecto en la condición corporal de las vacas. Nuestros resultados coinciden con los descritos por otros autores, que no observan efecto de la suplementación de los terneros sobre los cambios en peso vivo y condición corporal de las vacas (Prichard *et al.,* 1989, Fordyce *et al.,* 1996). Los resultados sugieren que el menor consumo de forraje por los terneros suplementados es insuficiente para promover un impacto positivo en el balance energético de las vacas, probablemente porque no se reduce la demanda de energía para la producción de leche (Viñoles *et al.,* 2013b). Sin embargo, el CF asociado al destete temporario durante 14 días, mejora los porcentajes de preñez de vacas de primera cría (Bentancor *et al.,* 2013).

Efecto del creep feeding sobre los terneras de reemplazo

Se han desarrollado diferentes sistemas de manejo para acelerar el crecimiento de las terneras y la aparición de la pubertad (Patterson *et al.,* 1992). Estos manejos se basan en la importancia de la ganancia de peso pre-destete o en los primeros meses de vida sobre el desarrollo de las terneras (Wiltbank *et al.,* 1966). El DP permite a las terneras obtener mayores ganancias de peso respecto a terneras destetadas en forma tardía (Neville y McCormick, 1981, Myers *et al.,* 1999). La combinación del DP y la administración de una dieta alta en energía hasta los 400 días de vida, es un método efectivo para inducir la pubertad precoz (<300 días en vaquillonas para carne) (Gasser *et al.,* 2006a, Gasser *et al.,* 2006b). Sin embargo, en nuestros sistemas de producción, las terneras destetadas en forma precoz logran bajas tasas de ganancias, que en las mejores situaciones igualan a las obtenidas por terneras que permanecen al pie de la madre (Simeone y Beretta, 2002, de Castro *et al.,* 2004). A pesar de que el CF permite acelerar las tasas de ganancia de peso y aumentar los pesos al destete, no se han realizado estudios que evalúen su impacto sobre la aparición de la pubertad (Faulkner *et al.,* 1994, Holloway y Totusek, 1973).

Experimentos realizados durante 3 años consecutivos, utilizando terneras Hereford (n=151) sobre suelos de Basalto, han comparado el efecto de la edad al destete (2 vs 5 meses), y la administración o no de un concentrado de los 2 a los 5 meses de edad. Los resultados obtenidos confirman la ventaja del destete tradicional (DT) asociado al CF (DT+CF), respecto a terneras no suplementadas (DT-CF) y terneras destetadas en forma precoz (DP; Cuadro 1; (Viñoles y Soares de Lima, 2010)). En promedio, las tasas de ganancia de peso de las terneras que accedieron al CF fueron 33% superiores a los que no lo hicieron y las de éstas 32% superiores a las terneras DP, lo que determinó que los pesos al destete fueran 14% y 16% superiores, respectivamente.

Cuadro 1. Ganancia de peso de terneras Hereford destetadas en forma precoz (2 meses de edad) y en forma tardía (5 meses de edad) que fueron o no suplementadas al pie de la madre (con o sin creep feeding; Medias ± Error Estandard)

	Destete precoz	Destete tradicional	
		Sin creep feeding	Con creep feeding
Número de animales	49	50	52
Peso al destete (kg)	134 ± 15[a]	160 ± 15[b]	183 ± 15[c]
Ganancia (kg/d)			
Período I	0,470 ± 0,04[a]	0,691 ± 0,04[b]	0,917 ± 0,04[c]
Período II	0,654 ± 0,02[a]	0,660 ± 0,02[a]	0,625 ± 0,02[a]
Total	0,562 ± 0,02[a]	0,.676 ± 0,02[b]	0,.771 ± 0,02[c]

[a] vs [b] vs [c] en la misma fila compara el efecto tratamiento.
Período I= desde los 2 a los 5 meses. Período II= período de los 5 a los 13 meses.

Sin embargo, en el período de alimentación conjunta (5 a 13 meses de edad), las similares tasas de ganancia de peso determinaron que las diferencias de peso continuaran siendo evidentes hasta el final de período de recría de las terneras (Cuadro 1 y Figura 1).

Eficiencia de conversión

La eficiencia de conversión de los terneros ha sido de 4,2-5,3 kilos de concentrado por cada kilo extra de ganancia de peso, lo que demuestra que el CF es una alternativa costo efectiva para aumentar el peso de los terneros al destete (Viñoles *et al.,* 2013b).

Composición corporal y hormonas metabólicas

El CF cambia la composición corporal de terneros machos, aumentando la cantidad de tejido adiposo en la carcasa (Horn *et al.,* 2010). El tejido adiposo segrega una hormona denominada leptina, a la cual se le ha atribuido un efecto permisivo en la manifes-

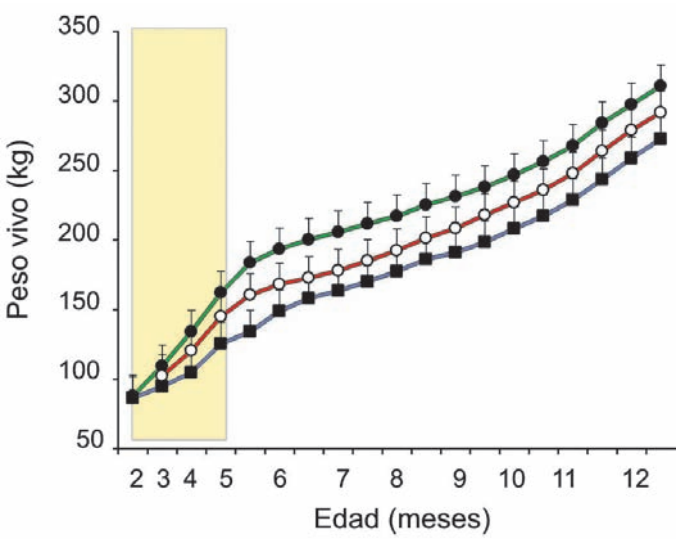


Figura 1. Evolución del peso vivo desde los 2 a los 13 meses de edad en terneras destetadas en forma precoz a los 2 meses de edad (■) y destetadas en forma tradicional a los 5 meses de edad, que recibieron (● ; creep feeding) o no recibieron (○; sin creep feeding) un suplemento entre los 2 y 5 meses de edad (Medias ± Error Estandard). Área sombreada amarillo= tratamiento diferencial.

tación de la pubertad en rumiantes (Williams *et al.,* 2002). En nuestros experimentos, la composición corporal (porcentaje de lípidos, proteína y agua en la carcasa), medida por la prueba de la urea, no estuvo afectada por la edad al destete (DT vs DP) o el CF (Viñoles *et al.,* 2013a). Esto explica que las concentraciones de leptina hayan sido similares entre grupos de animales (Viñoles *et al.,* datos sin publicar).

El eje somatotrófico ((hormona del crecimiento (GH) – factor de crecimiento similar a la insulina (IGF) – y sus seis proteínas de unión (IGFBP)), está involucrado en el metabolismo energético, y tiene una correlación positiva con el crecimiento y eficiencia reproductiva de los rumiantes (Rhoads *et al.,* 2008). El IGF-I es sintetizado principalmente en el hígado, mediante la unión de la GH a su receptor hepático específico (Jones *et al.,* 1991, Simpson *et al.,* 1991). Nuestros resultados confirman que las terneras DT+CF tuvieron mayores niveles de IGF-I a los 5 meses de edad (164 ± 11 ng/ml) respecto a las terneras DT-CF (97 ± 11 ng/ml), siendo menores los niveles de éstas últimas respecto a las DP (60 ± 11 ng/ml; P<0,05; Viñoles, datos sin publicar). Por lo tanto, el efecto benéfico del mayor plano nutricional de las terneras podría esta asociado a un funcionamiento más eficiente del eje somatotrófico, susceptible de ser programado por cambios en el plano nutricional (Ozanne, 2001).

Efecto de creep feeding en la edad a la pubertad y preñez al primer servicio

Las vaquillonas entran en pubertad cuando alcanzan una proporción del peso adulto proyectado (Freetly *et al.* 2011). La ventaja en peso vivo de las terneras DT+CF, determinó que un mayor porcentaje llegara ciclando al primer servicio, respecto a terneras DT-CF o DP (Figura 2; (Viñoles y Soares de Lima, 2010)).

Al primer servicio, las vaquillonas DT+CF, tuvieron una mayor expresión del receptor de la hormona de crecimiento (GH) en el hígado, respecto a terneras DT-CF y DP (Guggeri *et al.,* 2012). Estos cambios en la sensibilidad hepática a la acción de la GH, explican las mayores concentraciones de IGF-I (211 ± 24 ng/ml) observadas en éstas vaquillonas, respecto a las no suplementadas (185 ± 24 ng/ml) y las DP (185 ± 24 ng/ml; P<0,05). El endometrio de las terneras DT+CF tuvo

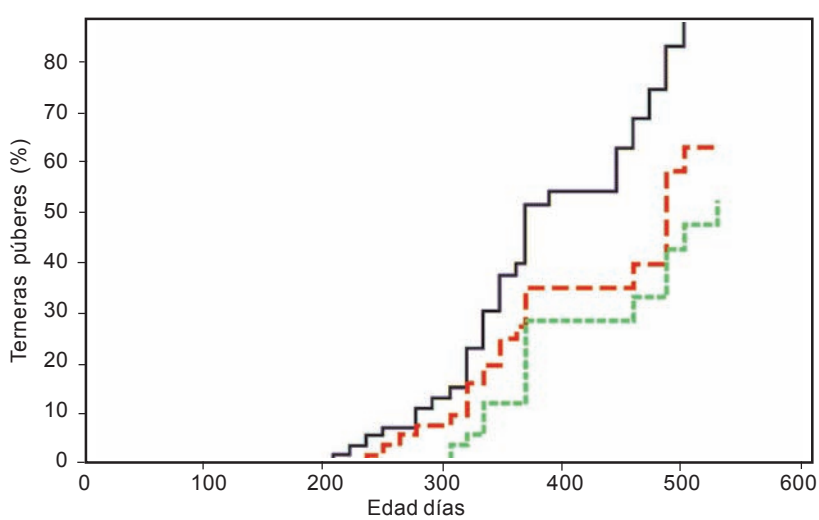


Figura 2. Porcentaje acumulado de terneras púberes que fueron destetadas en forma precoz a los dos meses de edad (DP, trazado punteado fino), o fueron destetadas en forma tradicional a los 5 meses de edad y que no recibieron (DT-CF, trazado punteado grueso) o recibieron un suplemento entre los 2 a los 5 meses de edad (DT+CF, trazado continuo).

una mayor expresión de ARNm para IGF-I los días 7 y 16 del ciclo, y de IGF-II el día 16 del ciclo, comparadas con terneras DT-CF y las DP (Viñoles *et al.,* 2012b). El IGF-I e IGF-II, son factores que actúan en forma positiva sobre el desarrollo embrionario temprano, lo que le permite elongarse y producir interferón tau, hormona que estimula el reconocimiento materno de la preñez y el bloqueo de la lisis del cuerpo lúteo (Spencer *et al.,* 2007). Además, las vaquillonas DT + CF tuvieron mayores concentraciones de progesterona los días 7 y 16 del ciclo estral (7,8 ± 1,2 ng/ml), respecto a las DT-CF (4,5 ± 1,1 ng/ml) y a las DP (3,1 ± 1,1 ng/ml; P<0,05; (Viñoles *et al.,* 2012b)).

El ambiente uterino más propicio de las terneras DT+ CF, se vio reflejado en una preñez más temprana respecto a las DT-CF y las DP (Figura 3). Estas diferencias fueron evidentes cuando se sincronizaron los celos y se realizó inseminación artificial durante 5 días y repaso con toros por 45 días. La probabilidad de preñez al final del entore fue mayor para el grupo DT + CF (0,94 ± 0,06) respecto al grupo DT-CF (0,58 ± 0,1), siendo éste último similar al grupo DP (0,47,±,0,1; Figura 3).

Efecto del creep feeding sobre la habilidad materna de las vacas

En la Figura 4 podemos observar que las vaquillonas DT+ CF (342 ± 18 kg) y las DT-CF tuvieron un peso similar al inicio del primer servicio (325 ±18 kg), siendo las DP las más livianas (301 ± 18 kg; P<0,05). Las vacas DP continuaron siendo más livianas durante el período pre (363 ± 9 kg) y pos-parto (417 ± 9 kg; P<0,01) respecto a las vacas DT-CF (375 ± 9 kg y 430 ± 9 kg) y las DT+CF (378 ± 9 kg y 428 ± 9 kg) y parieron con una menor condición corporal (3,8 ± 0,03 unidades), respecto a las DT-CF (4,0 ± 0,03 unidades) y las DT+ CF (4,1 ± 0,03 unidades; P<0,001; Figura 4). Sin embargo, en todos los grupos se observó una evolución positiva del peso vivo de las vaquillonas.

Los terneros hijos de vacas DT+CF fueron más livianos y sus dimensiones fueron menores que los hijos de vacas DT-CF, pero no se observaron diferencias entre los hijos de vacas DT-CF y DP (Cuadro 2). Se ha descrito que la sobre-nutrición de corderas adolescentes durante el período peri-concepción, determina un menor desarrollo placentario, y un menor peso del cordero al nacimiento

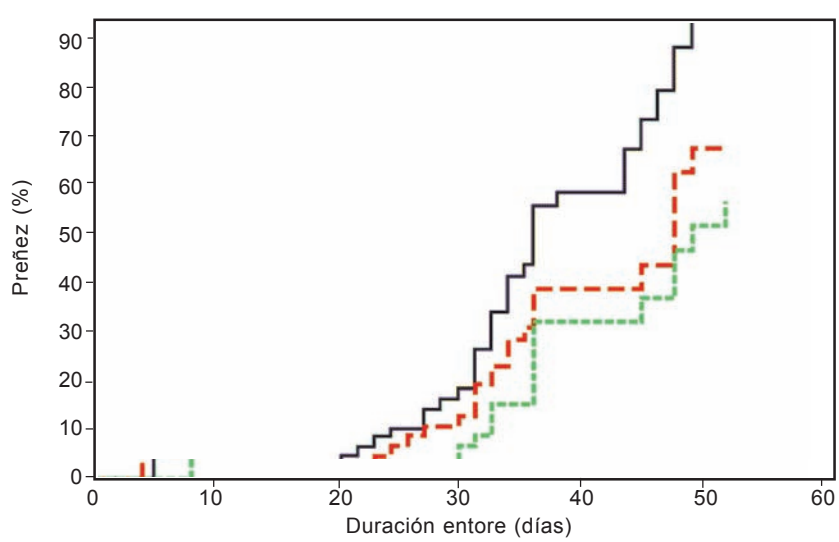


Figura 3. Curvas de distribución de ocurrencia de la preñez en terneras destetadas en forma precoz a los dos meses de edad (DP, trazado fino) y terneras destetadas a los 5 meses de edad y suplementadas al pie de la madre entre los 2 y 5 meses de edad (DT+ CF, línea contínua) o no suplementadas al pie de la madre (trazado grueso) entoradas a los 13-15 meses de edad.

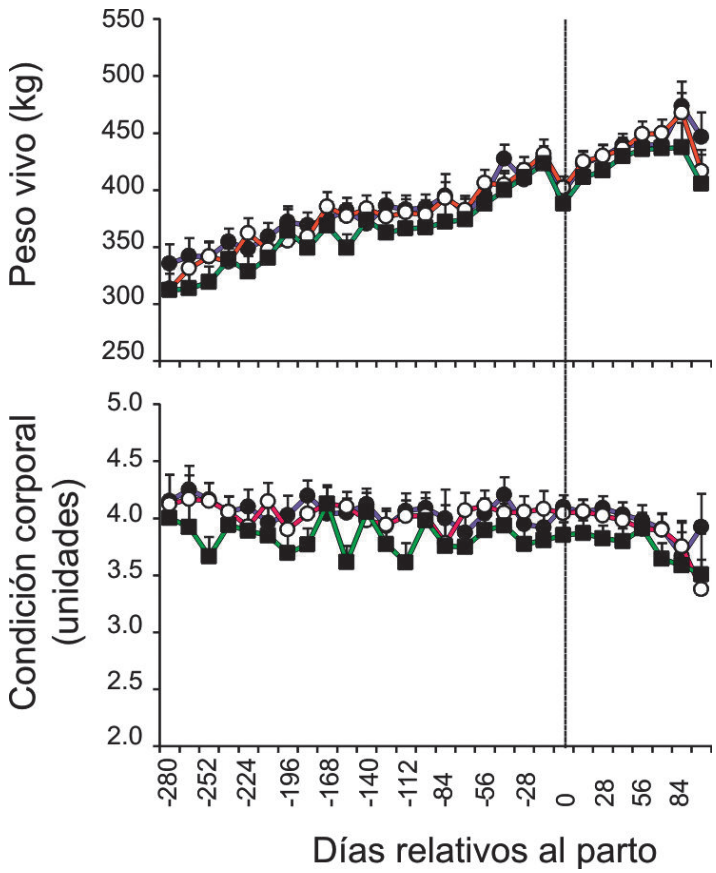


Figura 4. Evolución del peso vivo y la condición corporal pre y posparto en vacas destetadas a los 5 meses de edad que fueron suplementadas al pie de la madre (DT+CF;●) entre los 2 y 5 meses de edad, no suplementadas al pie de la madre (DT-CF;) y destetadas en forma precoz con 2 meses de edad (DP;■) que parieron por primera vez con 2 años de edad.

Cuadro 2. Dimensiones del cuerpo de terneros hijos de vacas de primera cría que fueron destetadas en forma precoz a los 2 meses (DP) o destetadas a los 5 meses de edad (DT) y recibieron creep feeding (+CF) o no (-CF) desde los 2 a los 5 meses de edad

	Peso	Largo cuerpo	Largo tronco	Altura anterior	Altura posterior
DP (n=21)	33 ± 1^{ab}	81 ± 2^{ab}	58 ± 1^{ab}	69 ± 1^{xy}	73 ± 1^{a}
DT-CF (n=26)	34 ± 1^{a}	82 ± 2^{a}	59 ± 1^{a}	69 ± 1^{x}	73 ± 1^{a}
DT+CF (n=26)	31 ± 1^{b}	78 ± 2^{b}	56 ± 1^{b}	67 ± 1^{y}	71 ± 1^{b}

^{a}vs ^{b}P<0,05; ^{x}vs ^{y} P = 0,07.

(Wallace *et al.,* 2004). Nuestros resultados sugieren que el nivel nutricional que recibieron las terneras suplementadas al pie de la madre, provocaría una programación fetal de su primera progenie. Sin embargo, los terneros hijos de vacas DT+CF tuvieron menores tasas de ganancia de peso (0,607 ± 0,1 kg/d) y menor peso vivo al destete (152 ± 5 kg), que los terneros hijos de vacas DT-CF (0,734 ± 0,1 y 179 ± 6 kg) y DP (0,669 ± 0,1 kg/d y 162 ± 6 kg; P<0,05). Estos resultados contradicen reportes previos, donde se demuestra que corderos nacidos con menor peso, realizan una fase de crecimiento compensa-

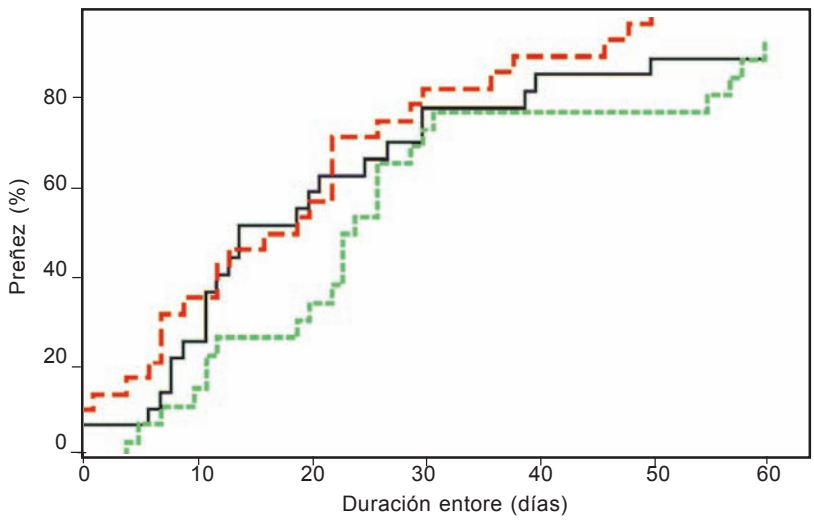


Figura 5. Curvas de distribución de ocurrencia de la preñez en terneras destetadas en forma precoz a los dos meses de edad (DP, trazado discontinuo fino) y terneras destetadas a los 5 meses de edad y suplementadas al pie de la madre entre los 2 y 5 meses de edad (DT+CF, trazado continuo) o no suplementadas al pie de la madre (trazado discontinuo grueso) al segundo entore, con 2 años de edad.

torio hasta las 8 semanas de edad (Gardner *et al.,* 2009). Considerando que la tasa de ganancia de peso de los terneros hasta los 3 meses de edad está altamente relacionada con la producción de leche de las madres (Neville, 1962), resulta claro que el crecimiento posnatal de las crías podría estar afectado por la habilidad materna de las vacas.

Trabajos previos demuestran que la progenie de vacas que fueron suplementadas cuando eran terneras es más liviana al destete, lo que se ha atribuido a una menor producción de leche, producto de la mayor deposición de grasa en la glándula mamaria (Martin *et al.,* 1981). El efecto de las tasas de ganancia de peso en etapas tempranas del crecimiento sobre el desarrollo de la glándula mamaria, fue posteriormente confirmado por Zanton y Heinrichs, (2005), quienes realizando un meta-análisis confirmaron que tasas de ganancia de peso > 0,8 kg/d, reducen el crecimiento del tejido mamario productor de leche. En coincidencia con éstos autores, la producción de leche en la primera lactancia de vacas que fueron suplementadas al pie de la madre fue menor (4,9±0,9 kg) que el de vacas no suplementadas (6,1 ± 0,9 kg; P<0,05), sin observarse diferencias entre éstas últimas y las destetadas en forma precoz (5,8 ± 0,9 kg; P>0,05). Sin embargo, el contenido de grasa (3,5 ± 0,3 kg) y proteína (3,20,1 kg) de la leche fue similar entre grupos (P>0,05). Por lo tanto, altas tasas de ganancia de peso durante el período de desarrollo alométrico de la glándula mamaria, promoverían un efecto negativo sobre la producción de leche en vacas de carne.

Efecto de la suplementación sobre la fertilidad al segundo servicio

El momento en que las vacas quedaron preñadas durante el segundo entore, y el porcentaje de preñez al final del entore, fueron similares entre grupos (Figura 5). Un alto porcentaje de vacas se preñaron durante el primer mes de entore, superando en todos los caso el 80% de preñez final. Una de las mayores preocupaciones de los productores con respecto al entore de 15 meses, es la capacidad de esas vacas de volverse a preñar en el segundo entore (Hickson *et al.,* 2008). Estos resultados demuestran que vacas entoradas con 15 meses de edad, pueden alcanzar niveles adecuados de fertilidad

al segundo servicio, sin son mantenidas en un plano nutricional adecuado durante el período pre y posparto, que les permitan alcanzar los pesos objetivos de 420-450 kg al segundo servicio (Morris y Smeaton, 2009).

REFLEXIONES FINALES

El creep feeding, administrado entre los 2 a los 5 meses de edad, tiene un impacto positivo en la eficiencia reproductiva de las terneras de reemplazo, y ella se maximiza cuando se realiza un entore precoz a los 13-15 meses de edad. Sin embargo, la menor producción de leche en la primera lactancia reduce el peso de los terneros al destete. La administración de planos nutricionales adecuados durante el período pre y posparto, determina que se logren buenos índices de preñez en el segundo servicio delas vacas. Por lo tanto, el uso de esta herramienta en terneras de reemplazo debe ser considerada evaluando en forma global las ventajas y desventajas que presenta en las diferentes etapas del ciclo productivo de las vacas de cría.

INIA está investigando e identificando oportunidades y desventajas del uso de diferentes alternativas para lograr el entore precoz de terneras en nuestras condiciones, y hacer disponible la información para aquellos productores que quieran recorrer este camino de mejora de la productividad e ingreso económico de sus sistemas.

AGRADECIMIENTOS

A Andrés Michelena, Andrea Martín, Verónica Echenique, Andrés Betancurt, Ignacio Quaglioti, Héctor Rosano, Rosario Cuadrado, Juan Manuel Egaña, Gonzalo Vidal, Mirna Ferrón, Robert Mendez, Darwing Cabrera, estudiantes en tesis de la Facultad de Veterinaria, Escuela Agraria UTU, «La Carolina» e IGAP, por su dedicación durante el trabajo experimental. A Pablo Cuadro, y todo el personal de apoyo de la Unidad Experimental Glencoe, de INIA Tacuarembó, por su permanente colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENTANCOR, M.; BISTOLFI, A.; ZERBINO, L.; VIÑOLES, C. 2013**.** Efecto del creep feeding y el destete temporario sobre el desarrollo de los terneros y la eficiencia reproductiva de vacas Hereford Primíparas. En: Jornadas Uruguayas de Buiatria (41°, 2013, Paysandú, Uruguay) Memorias, Paysandú: Centro Médico Veterinario Paysandú. p.154-155.

BERRETTA, E.J.; BEMHAJA, M. 1998**.** Producción estacional de comunidades naturales sobre suelos de basalto en la Unidad Queguay chico. En: SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN EN TECNOLOGÍAS PARA BASALTO. (1998, Tacuarembó, Uruguay). Seminario de Actualización Técnica para Basalto. Berretta, E.J. (ed.). Montevideo: INIA. p.16-27 (Serie Técnica; 102).

BETANCURT, C.; QUAGLIOTTI, I.; ROSANO, H.; CUADRO, P.; VIÑOLES, C. 2009. Efecto de la carga y la suplementación sobre la tasa de crecimiento de las terneras y la performance reproductiva de las vacas. En: Jornadas Uruguayas de Buiatria (37ª, 2009, Paysandú, Uruguay) Memorias, Paysandú: Centro Médico Veterinario Paysandú. p.150-151.

BRAY, C.I. 1934. Creep feeding beef calves. Journal of Animal Science 1934(1):96-98.

CREMIN JR., J.D.; FAULKNER, D.B.; MERCHEN, N.R.; FAHEY JR., G.C.; FERNANDO, R.L.; WILLMS, C.L. 1991. Digestion criteria in nursing beef calves supplemented with limited levels of protein and energy. Journal of Animal Science 69(3):1322-1331.

DE CASTRO, T.; IBARRA, D.; VALDEZ, L.; LAPITZ, L.; BENQUET, N.; GARCÍA LAGOS, F.; FARRO, G.; LANZERI, S. 2004. Does early weaning influence age at puberty in beed heifers Does early weaning influence age at puberty in beed heifers? En: Animal Reproduction Science 82: Proceedings of the fifteength International Congress on Animal Reproduction. Franca, L.R.; Godinho, H.P.; Henry, M.; Melo, M.I.V. (eds.) Porto Seguro, Brazil, 8-12 August 2004. Anim Reprod Sci. 2004 Jul;82-83:1-643, p21.

FAULKNER, D.B.; HUMMEL, D.F.; BUSKIRK, D.D.; BERGER, L.L.; PARRETT, D.F.; CMARIK, G.F. 1994. Performance and nutrient metabolism by nursing calves supplemented with limited or unlimited corn or soyhulls. Journal of Animal Science 72(2):470-477.

FORDYCE, G.; COOPER, N.J.; KENDALL, I.E.; O´LEARY, B.M.; RUVERT, J. 1996. Creep feeding and prepartum supplementation effect on growth and fertility of Brahman-cross cattle in the dry tropics. Australian Journal of Experimental Agriculture 36(4):389-395.

FREETLY, H.C.; KUEHN, L.A.; CUNDIFF, L.V. 2011. Growth curves of crossbred cows sired by Hereford, Angus, Belgian Blue, Brahman, Boran, and Tuli bulls, and the fraction of mature body weight and height at puberty. Journal of Animal Science 89(8):2373-2379.

GARDNER, D.S.; OZANNE, S.E.; SINCLAIR, K.D. 2009. Effect of early-life nutritional environment on fecundity and fertility of mammals. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences 364(1534):3419-3427.

GASSER, C.L.; BEHLKE, E.J.; GRUM, D.E.; DAY, M.L. 2006a. Effect of timing of feeding a high-concentrate diet on growth and attainment of puberty in early-weaned heifers. Journal of Animal Science 84(11):3118-3122.

GASSER, C.L.; GRUM, D.E.; MUSSARD, M.L.; FLUHARTY, F.L.; KINDER, J.E.; DAY, M.L. 2006b. Induction of precocious puberty in heifers I: enhanced secretion of luteinizing hormone. J Anim Sci 84(8):2035-2041.

GELVIN, A.A.; LARDY, G.P.; SOTO-NAVARRO, S.A.; LANDBLOM, D.G.; CATON, J.S. 2004. Effect of field pea-based creep feed on intake, digestibility, ruminal fermentation, and performance by nursing calves grazing native range in western North Dakota. J Anim Sci 82(12):3589-3599.

GUGGERI, D.; CARRIQUIRY, M.; MEIKLE, A.; VIÑOLES, C. 2012. Effect of age at weaning and the plane of nutrition before weaning on growth and somatotropic axis gene expression in the liver of beef heifers In: Proceedings of the 17th International Congress of Animal Reproduction, 29th July-2nd August, Vancouver, Canadá. Reproduction in Domestic Animals, 47 (Suppl 2), Abstract 2707, 566.

HICKSON, R.E.; ANDERSON, W.J.; KENYON, P.R.; LOPEZ-VILLALOBOS, N.; MORRIS, S.T. 2008. A survey of beef cattle farmers in New Zealand, examining breeding heifers. New Zealand Veterinary Journal 56(4):176-183.

HOLLOWAY, J.W.; TOTUSEK, R. 1973. Relationship between Preweaning Nutritional Management and the Growth and Development of Angus and Hereford Females. Journal of Animal Science 37(3):800-806.

HORN, A.; GUGGERI, D.; VIÑOLES, C. 2010. Efecto de la suplementación energética pre y pos-destete sobre la edad de faena de los terneros y la edad a la pubertad en terneras Hereford. En: Jornadas Uruguayas de Buiatria (38ª, 2010, Paysandú, Uruguay) Memorias, Paysandú: Centro Médico Veterinario Paysandú. p.133-134.

JONES, E.J.; ARMSTRONG, J.D.; HARVEY, R.W. 1991. Changes in metabolites, metabolic hormones, and luteinizing hormone before puberty in Angus, Braford, Charolais, and Simmental heifers. Journal of Animal Science 69(4):1607-1615.

MARTIN, T.G.; LEMENAGER, R.P.; SIRINIVASAN, G.; ALENDA, R. 1981. Creep feed as a factor influencing performance of cows and calves. Journal of Animal Science 53(1):33-39.

MICHELENA, A.; MARTÍN, A.; ECHENIQUE, V.; VIÑOLES, C. 2008. Efecto de la dotación y la alimentación diferencial sobre la tasa de crecimiento de los terneros y el desempeño reproductivo de las vacas. En: Jornadas Uruguayas de Buiatria (36ª, 2008, Paysandú, Uruguay) Memorias, Paysandú: Centro Médico Veterinario Paysandú. p.237-238.

MONTOSSI, F.; SOARES DE LIMA, J.M. 2011. Después de 20 años de crecimiento de la ganadería del Uruguay: desarrollo de propuestas tecnológicas desde la cría para el próximo salto productivo. Revista INIA Uruguay 26:31-38.

MORRIS, S.; SMEATON, D. 2009. Chapter 4. Reproduction in the beef cow herd. In Profitable farming of beef cows. Steve

Morris and Ducan Smeaton, Meat and Wool New Zealand, Sheep and Beef Council, pp. 42-69

MYERS, S.E.; FAULKNER, D.B.; IRELAND, F.A.; PARRETT, D.F. 1999. Comparison of three weaning ages on cow-calf performance and steer carcass traits. Journal of Animal Science 77(2):323-329.

NEVILLE, W.E. 1962. Influence of Dam´s milk production and other factors on 120' and 240.day weight of Hereford calves. Journal of Animal Science 21(2):315-320.

NEVILLE, W.E.; MCCORMICK, W.C. 1981. Performance of early and normal weaned beef calves and their dams. Journal of Animal Science 52(4)715-724.

NOGUEIRA, E.; MORAIS, M.G.; ANDRADE, V.J.; ROCHA, E.D.S.; SILVA, A.S.; BRITO, A.T. 2006. Effect of creep feeding on average daily gain and weaning weight of calves and on reproductive efficiency of primiparous Nelore cows under grazing. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 58(4):607-613.

OZANNE, S.E. 2001. Metabolic programming in animals. British Medical Bulletin 60(1):143-152.

PATTERSON, D.J.; PERRY, R.C.; KIRACOFE, G.H.; BELLOWS, R.A.; STAIGMILLER, R.B.; CORAH, L.R. 1992. Management considerations in heifer development and puberty. Journal of Animal Science 70(12):4018-4035.

PIGURINA, G.; ABREU, N.; SETTEMBRI, N.; ULIBARRI, P. 2000. Efecto de la alimentación diferencial del ternero sobre el peso al destete y la performance reproductiva de sus madres. En: Jornada de producción animal y pasturas en basalto (2000, Tacuarembó, Uruguay) Tacuarembó. INIA. p. 31-32. (Actividades de Difusión; 239)

QUINTANS, G.; VAZQUEZ, A.I.; WEIGEL, K.A. 2009. Effect of suckling restriction with nose plates and premature weaning on postpartum anestrous interval in primiparous cows under range conditions. Animal Reproduction Science 116(1-2):10-18.

RHOADS, M.L.; MEYER, J.P.; LAMBERSON, W.R.; KEISLER, D.H.; LUCY, M.C. 2008. Uterine and hepatic gene expression in relation to days postpartum, estrus, and pregnancy in postpartum dairy cows. Journal of Dairy Science 91(1):140-150.

SCAGLIA, G. 2004. Alimentación preferencial del ternero. Montevideo: INIA Uruguay.16 p. (Boletín de Divulgación INIA; 83).

SHORT, R.E.; BELLOWS, R.A.; STAIGMILLER, R.B.; BERARDINELLI, J.G.; CUSTER, E.E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. Journal of Animal Science 68(3):799-816.

SIMEONE, A.; BERETTA, V. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo: Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur;Facultad de Agronomía. 118 p.

SIMPSON, R.B.; ARMSTRONG, J.D.; HARVEY, R.W.; MILLER, D.C.; HEIMER, E.P.; CAMPBELL, R.M. 1991. Effect of active immunization against growth hormone-releasing factor on growth and onset of puberty in beef heifers. Journal of Animal Science 69(12):4914-4924.

SOARES DE LIMA, J.M.; MONTOSSI, F. 2012. La cría vacuna en la nueva realidad ganadera: análisis y propuestas de INIA. Revista INIA Uruguay 3:6-10.

SPENCER, T.E.; JOHNSON, G.A.; BAZER, F.W.; BURGHARDT, R.C.; PALMARINI, M. 2007. Pregnancy recognition and conceptus implantation in domestic ruminants: roles of progesterone, interferons and endogenous retroviruses. Reproduction, Fertility and Development 19(1):65-78.

STRICKER, J.A.; MATCHES, A.G.; THOMPSON, G.B.; JACOBS, V.E.; MARTZ, F.A.; WHEATON, H.N.; CURRENCE, H.D.; KRAUSE, G.F. 1979. Cow-calf production on tall fescue-ladino clover pastures with and without nitrogen fertilization or creep feeding: spring calves. Journal of Animal Science 48(1):13-25.

VIÑOLES, C.; ASTESSIANO, A.L.; GUGGERI, D.; MEIKLE, A.; CARRIQUIRY, M. 2013a. Effect of age at weaning and creep feeding on carcass composition and IGF-I concentrations in 5-month-old females calves. In ADSA-ASAS Joint Annual Meeting.8th-12th July Indianapolis, Indiana, USA. Journal of Animal Science, 91, E-Supplement 2, W277.

VIÑOLES, C.; BANCHERO, G.; QUINTANS, G.; PÉREZ-CLARIGET, R.; SOCA, P.; UNGERFELD, R.; BIELLI, A.; FERNANDEZ-

ABELLA, D.; FORMOSO, D.; PEREIRA-MACHÍN, M.; MEIKLE, A. 2009. Estado actual de la investigación vinculada a la Producción Animal Limpia, Verde y Etica en Uruguay. Agrociencia 13(3):59-79.

VIÑOLES, C.; GIORELLO, D.; SOARES DE LIMA, J.M.; MONTOSSI, F. 2012a. Alternativas para incrementar la eficiencia de los sistemas de crìa. Suplementación exclusiva del ternero al pie de la madre (creep feeding). Revista INIA Uruguay 29:5-8.

VIÑOLES, C.; GUGGERI, D.; CARRIQUIRY, M.; MEIKLE, A. 2012b. Effect of age at weaning and plane of nutrition before weaning on progesterone secretion and uterine gene expression at first service in beef heifers. In: Proceedings of the 17th International Congress of Animal Reproduction, 29th July-2nd August, Vancouver, Canadá. Reproduction in Domestic Animals, 47 (Suppl 2), Abstract 2707, 566.

VIÑOLES, C.; JAURENA, M.; DE BARBIERI, I.; DO CARMO, M.; MONTOSSI, F. 2013b. Effect of creep feeding and stocking rate on the productivity of beef cattle grazing grasslands. New Zealand Journal of Agricultural Research. Aceptado.

VIÑOLES, C.; SOARES DE LIMA, J.M. 2010. Efecto de las tasas de ganancia a edades tempranas sobre la edad a la pubertad en terneras Hereford. Agrociencia 14(3):165.

WALLACE, J.M.; AITKEN, R.P.; MILNE, J.S.; HAY, W.W., JR. 2004. Nutritionally mediated placental growth restriction in the growing adolescent: consequences for the fetus. Biology of Reproduction 71(4):1055-1062.

WILLIAMS, G.L.; AMSTALDEN, M.; GARCIA, M.R.; STANKO, R.L.; NIZIELSKI, S.E.; MORRISON, C.D.; KEISLER, D.H. 2002. Leptin and its role in the central regulation of reproduction in cattle. Domestic Animal Endocrinology 23(1-2):339-349.

WILTBANK, J.N.; GREGORY, K.E.; SWIGER, L.A.; INGALLS, J.E.; ROTHLISBERGER, J.A.; KOCH, R.M. 1966. Effects of Heterosis on Age and Weight at Puberty in Beef heifers. Journal of Animal Science 25(3):744-751.

ZANTON, G.I.; HEINRICHS, A.J. 2005. Meta-analysis to assess effect of prepuberal average daily gain of Holestein Heifers on first-lactation production. Journal of Dairy Science 88(11):3860-3867.

SERVICIO DE VAQUILLONAS EN OTOÑO: ÚLTIMOS AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN EN URUGUAY

Graciela Quintans[1], José I. Velazco[2]
Carlos López Mazz[3], Antonia Scarsi[4]
Georgget Banchero[5]

RESUMEN

El objetivo de esta línea de investigación fue generar información nacional sobre un servicio anticipado de vaquillonas a los 18-20 m de edad y su efecto en el siguiente servicio en primavera y sin cría al pie. Se realizaron tres experimentos en los cuales se evaluó el efecto del manejo invernal de las vaquillonas con cría al pie sobre mejoramientos de *Lotus subbifloroud* (Rincón), suplementadas sobre campo natural o con destete precoz. A lo largo de los tres años se mantuvo un control sobre campo natural. El peso al destete de los terneros cuyas madres se manejaron sobre campo natural, siempre fue menor que cualquiera de las otras alternativas evaluadas. El desempeño reproductivo de las vaquillonas manejadas sobre campo natural en su segundo servicio fue similar que las manejadas sobre Lotus Rincón o suplementadas (primeros 2 años). Sin embargo, en el ultimo año, donde las vaquillonas estaban en muy bajo estado corporal, no alcanzaron la misma tasa de preñez que aquellas sometidas a destete precoz.

Palabras clave: pariciones de otoño, vaquillonas, manejo inviernal

ABSTRACT

The aim of this research was to obtain national information about an advanced service in heifers with 18-20m old bred in autumn and the effect on the following breeding period, as a weaned cow. Three experiments were carried out, and different winter managements in lactating heifers were evaluated: cows grazed improved pastures (*Lotus subbifloroud*, Rincón), supplemented on native pastures or early weaning. During the three year-experiment, there was a control group that was managed during winter on native pastures. Calf weaning weight from cows that grazed native pastures, was always lower than weaning weight of calves from other managements. During the first two years, reproductive performance of lactating heifers on native pastures was high and similar respect to those that grazed improved pastures or were supplemented. However, during the third year, the low body condition score of heifers determined a lower pregnancy rate than those with early weaning.

Key words: autumn calving, heifer, winter management

[1]Ing., Agr., PhD. Programa Nacional de Producción de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[2]Ing., Agr. Programa Nacional de Producción de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[3]D.M.V., MSc. Departamento de Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía.
[4]Ing., Agr., MSc Programa Nacional de Producción de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[5]D.M.V. PhD. Programa Nacional de Producción de Carne y Lana. INIA La Estanzuela.

INTRODUCCIÓN

Una de las líneas de investigación más fuertes que ha llevado adelante INIA Treinta y Tres en recría vacuna ha sido la evaluación del manejo alimenticio durante el primer invierno de vida de la ternera y su efecto en la entrada a la pubertad y en su posterior desempeño reproductivo (Quintans *et al.,* 2004; Costa *et al.,* 2006; Straumann *et al.,* 2008). A través de estos trabajos se concluyó que una suplementación invernal al 1% del PV con algún concentrado (afrechillo de arroz, expeler de girasol, concentrado balanceado) o la asignación de mejoramientos de campo entre el 5 y 10% PV (5 a 10 kg MS/100 kg PV) permitía alcanzar tasas de ganancia del orden de 0 (mantenimiento) a 0,250 kg/a/d. Esta técnica está siendo cada vez mas utilizada a nivel comercial.

Una vez que se presta atención en el manejo de la ternera en el primer invierno, y se ajustan los manejos nutricionales y sanitarios, en muchas oportunidades las vaquillonas entran en celo en el otoño. Es así que los productores comenzaron a preguntar a la investigación cuales eran las fortalezas y debilidades que se podrían esperar de un sistema en el cual se sirvieran las vaquillonas «contraestación» en otoño.

Así surge en el año 2007 una línea de investigación con el objetivo de evaluar un sistema de servicio de vaquillonas de 18-20 meses de edad en otoño y un nuevo servicio sin cría al pie en la primavera siguiente. Dentro de este sistema sabíamos que el «talón de Aquiles» del mismo sería la lactación en invierno, teniendo en cuenta que el campo natural en invierno tiene baja disponibilidad y calidad, y que no cubre los requerimientos de mantenimiento, lactación y crecimiento de una vaquillona. Es por este motivo que los tres experimentos realizados se centraron en evaluar alternativas diferentes al campo natural para manejar las vaquillonas durante esos 3 meses de invierno (Quintans *et al.,* 2012; Quintans *et al.,* 2012a)

EXPERIMENTO 1

En el primer estudio se evaluaron 41 vaquillonas cruzas AA x HH entoradas en otoño con 20 meses. Las mismas parieron en la primera quincena de marzo con un PV de 390 kg y una CC de 4,0u (escala de 1 a 8). Cuando alcanzaron 78 días de paridas (inicio de invierno) fueron sorteadas en dos tratamientos durante los 94 días de invierno: 1) Campo Natural (CN; n=21) 2); pastoreo sobre un mejoramiento de campo con *Lotus subbiflorus* El Rincón (LR; n= 20). Durante la aplicación de los tratamientos las vacas de ambos grupos permanecieron a una asignación de forraje de 7% PV (7 kg MS/100 kg PV). Antes y después de los tratamientos, las vacas se manejaron siempre juntas y sobre campo natural. Las vacas fueron destetadas a los 203 días posparto (pp) (primera semana de octubre). Aproximadamente un mes más tarde las vacas fueron inseminadas artificialmente (IA) y luego tuvieron el repaso de toros por 21 días. Las vacas fueron pesadas y la CC registrada cada 28 días durante todo el período experimental y con la misma frecuencia se tomaron los registros de pasturas. La producción de leche a través del sistema vaciado y ordeñe (Quintans *et al.,* 2010) fue realizado el día 20 pp y cada 30 días hasta el día 170. La presencia de cuerpo lúteo (CL) fue detectada a través de ultrasonografía al comienzo de los tratamientos, al destete y al comienzo de la IA. La tasa de preñez fue determinada 40 días después de retirados los toros.

Desde el parto al inicio de los tratamientos, las vacas pastorearon campo natural con una disponibilidad de 1260 kg/ha de MS. Durante el invierno, la disponibilidad y asignación de forraje fue similar entre las vacas en CN y LR, pero el porcentaje de proteína de las pasturas fue de 7,6 y 11,5 para CN y LR, respectivamente. En la Figura 1 se observa la evolución de PV y CC. Existió una interacción significativa entre tratamiento y tiempo para PV y CC. Al parto y al comienzo

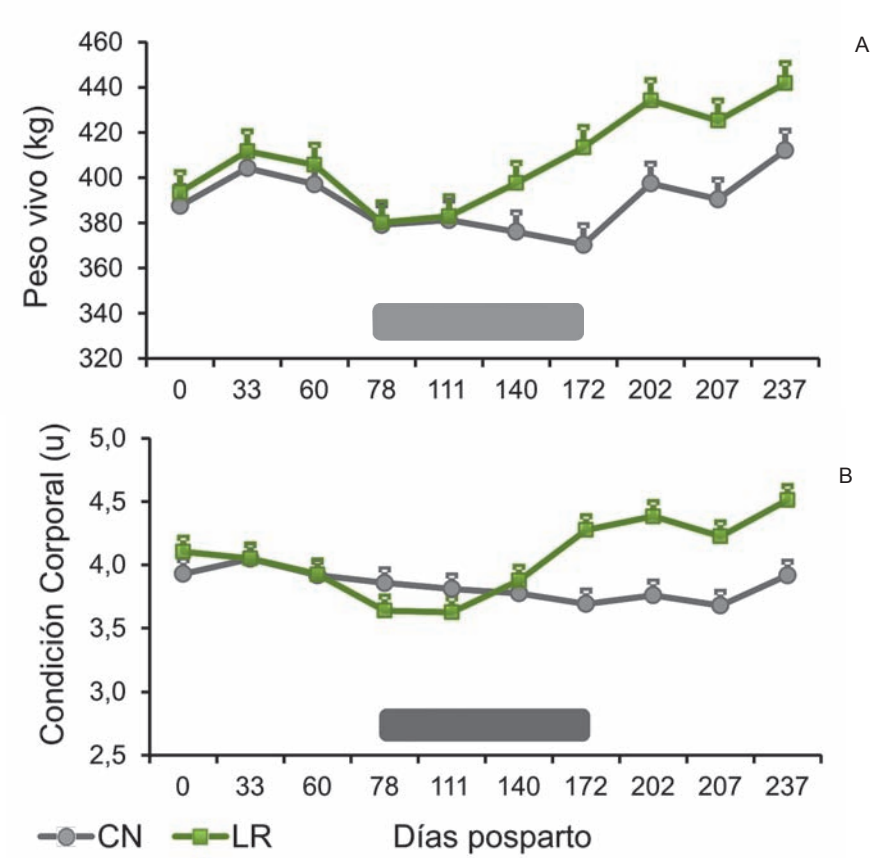


Figura 1. Evolución de peso vivo y condición corporal a lo largo de todo el experimento, CN: campo natural; LR: Lotus Rincón, barra gris representa período de aplicación de los tratamientos.

de los tratamientos las vacas presentaban similar PV (391 ± 8,7 y 380 ± 8,7 kg, respectivamente). Al finalizar el invierno (aprox. día 180 pp) las vacas en LR pesaron más (P<0,05) que las de CN y también presentaron mayor (P<0,05) CC (413 ± 8,8 vs.371 ± 8,6 kg y 4,3 ± 0,1 vs. 3,7 ± 0,1 u, para LR y CN, respectivamente).

Con respecto a la producción de leche, antes de que comenzaran los tratamientos la producción fue similar entre vacas de ambos tratamientos (3,6 ± 0,4 y 2,9 ± 0,4 kg/d en los días 20 y 50 pp, respectivamente). Pero durante el tratamiento y hasta el destete las vacas en LR produjeron más (P<0,05) leche que las vacas en CN (Figura 2). Ésta ampliamente documentado el aumento en la producción de leche cuando el consumo de energía aumenta (Jenkis y Ferrel, 1992 entre otros). Es evidente que esa mayor producción de leche de las vacas en LR se vio reflejada en un mayor (P<0,05) peso al destete respecto a los terneros de CN (182,6 ± 4,4 vs. 117,3 ± 4,4 kg).

Por otra parte, si bien al comienzo de los tratamientos no existió diferencia en ciclicidad ovárica entre vacas de diferentes tratamientos, al destete mayor cantidad de vacas de LR presentaban CL respecto a las vacas de CN (80,0 vs. 28,6%). Sin embargo 35 días después, cuando comenzó la IA no se detectaron diferencias (95,0 vs. 85,7% para LR y CN, respectivamente) y la preñez final fue igual en ambos grupos (100%). El destete junto al incremento de las pasturas estivales hicieron probablemente que las primeras diferencias desaparecieran, de forma de que la tasa de preñez en ambos grupos no solo fuera la misma sino alcanzara los valores del 100%.

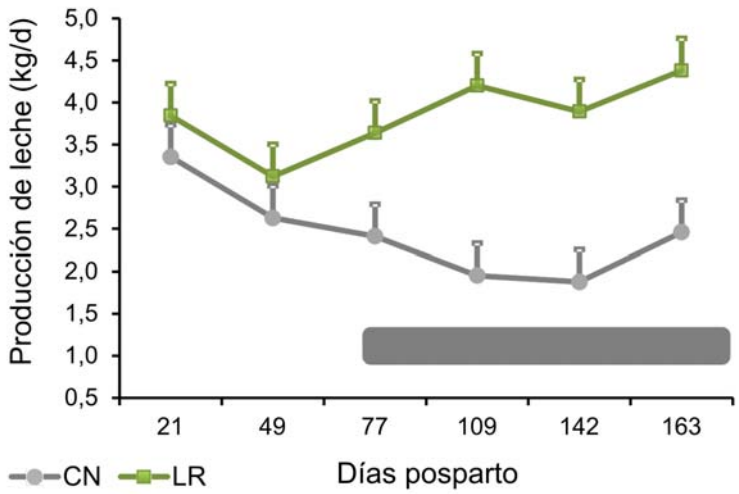


Figura 2. Evolución de la producción de leche a lo largo de todo el experimento, CN: campo natural; LR: Lotus Rincón, barra gris representa período donde se aplicaron los tratamientos.

EXPERIMENTO 2

En el segundo experimento repetimos los dos tratamientos (LR y CN) y agregamos un tercero: suplementación de vacas sobre campo natural (S). Se utilizaron 41 vaquillonas similares al experimento anterior y bajo el mismo protocolo. La suplementación se realizó con un concentrado con 16% de proteína cruda y se ofreció al 1% del PV de forma diaria. Los tratamientos también duraron los 3 meses de invierno, pero los animales fueron asignados a cada uno de ellos a los 87 días posparto.

Desde el parto hasta el inicio de los tratamientos las vacas pastorearon juntas un campo natural de 1400 kg/ha de MS. Durante el invierno, los animales fueron asignados 9 kg MS/100 kg de PV en todos los grupos y el nivel de proteína fue similar entre el CN y LR (8 y 9 %). Las vacas al parto y al inicio del invierno pesaban similar (pero menos que el año anterior), 330 ± 3,1 y 373 ± 3,1 kg al parto y al inicio del invierno, respectivamente. Desde el final del invierno hasta la IA las vacas S pesaron más y presentaron mayor (P<0,05) CC que las vacas CN y LR (Figura 3).

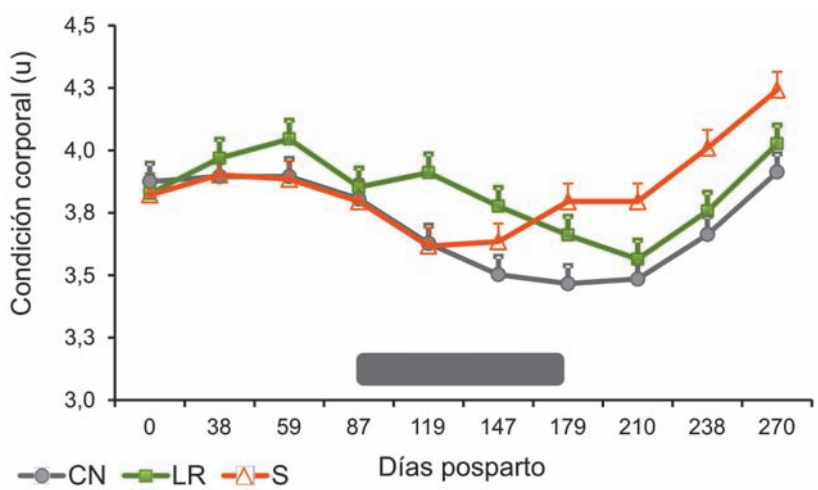


Figura 3. Evolución de la CC de los tres grupos de vacas, CN: campo natural; LR: Lotus Rincón; S: vacas suplementadas, barra gris corresponde al período de aplicación de los tratamientos.

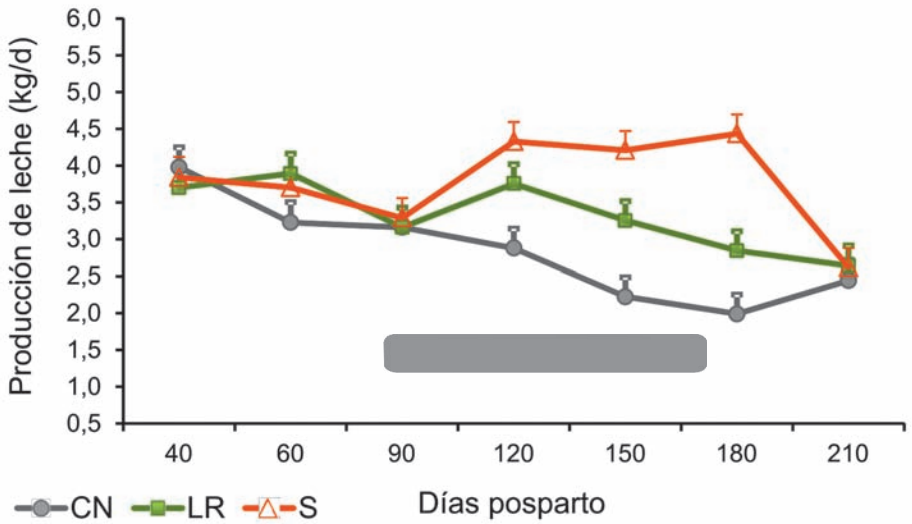


Figura 4. Evolución de la producción de leche, CN: campo natural; LR: Lotus Rincón; S: vacas suplementadas, barra gris corresponde al período de aplicación de los tratamientos.

La producción de leche fue mayor (P<0,05) en vacas S que en vacas en CN (promedio para todo el periodo: 3,8 vs. 2,8 kg/d) pero no se diferenció de las de LR. De todas formas, durante el invierno, se produjeron diferencias en la cantidad de leche producida al finalizar el invierno (4,4; 2,8 y 2,0 kg/d para S, LR y CN, respectivamente; P<0,05). Sin embargo, cuando las vacas fueron manejadas nuevamente juntas en campo natural en la primavera, todas produjeron similares cantidades (Figura 4). Al destete, los terneros S fueron más pesados que los de LR y éstos más pesados que los de CN (141,5 ± 4,0; 134,1 ± 4,1 y 122,4 ± 4,0 kg para S, LR y CN, respectivamente).

Los resultados reproductivos fueron similares al experimento anterior, donde a pesar que al comienzo de la IA hubo una tendencia (P=0,08) a que mayor cantidad de vacas en LR presentaran CL respecto a CN, la preñez final fue similar entre grupos (93, 92 y 100% para CN, LR y S, respectivamente). Nuevamente se repite el desempeño reproductivo similar entre las vacas que permanecieron sobre pasturas naturales durante el invierno y las que tuvieron manejos preferenciales desde el punto de vista nutricional.

EXPERIMENTO 3

Finalmente en el tercer experimento realizamos una comparación entre vaquillonas paridas en otoño y un manejo invernal sobre CN respecto a un grupo de vaquillonas en idénticas condiciones (PV, CC y fecha de parto) con destete precoz (DP). La debilidad mayor de este experimento fue el bajo número de animales (n=18 en total), pero la evaluación de hormonas y metabolitos durante todo el período experimental (aproximadamente 8 meses) nos permitió tener otro de tipo de información para entender mejor algunos procesos fisiológicos (Saravia y Wijma, 2011; Quintans *et al.,* 2012). En esta oportunidad se presentaran los principales resultados.

Las vaquillonas de DP fueron destetadas a los 70 días posparto y todas las vacas (de ambos grupos, DP y CN) fueron manejadas juntas en campo natural. Los terneros del grupo CN fueron destetados a los 210 días pp y la IA de las vaquillonas comenzó el día 285 (primer día de diciembre). En la Figura 5 se observa la evolución de PV y CC desde 2 semanas previo al DP hasta un mes finalizado el repaso de los toros.

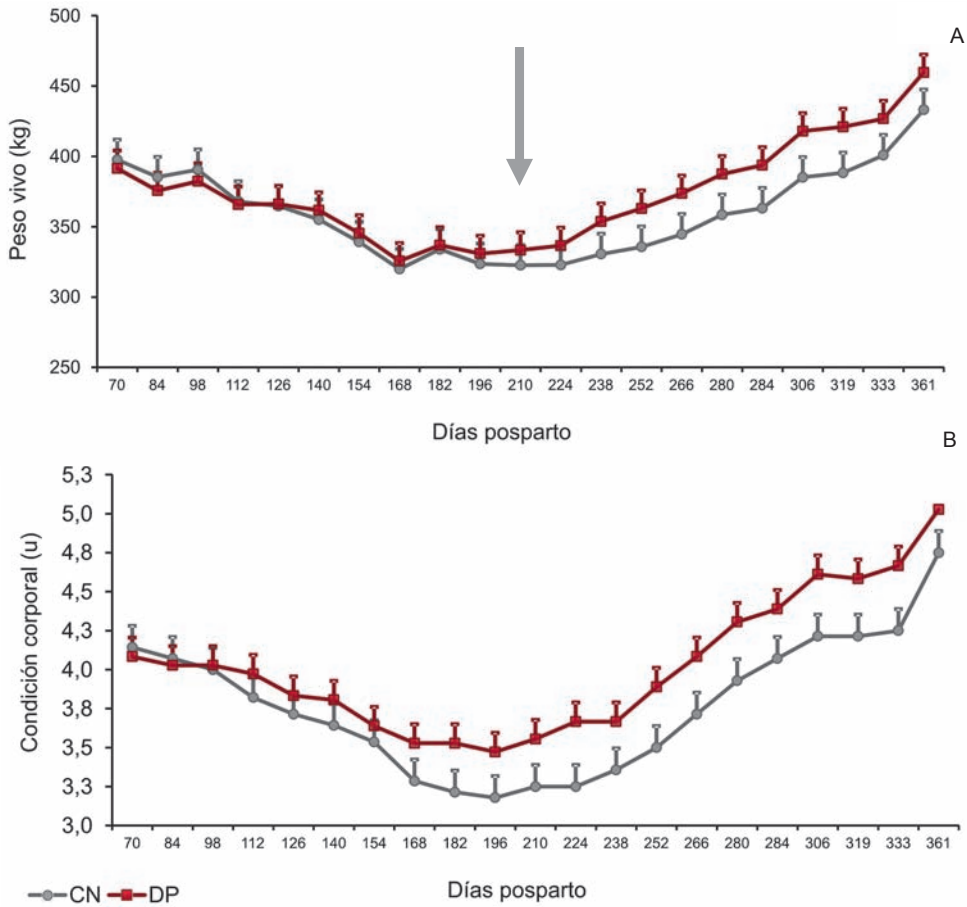


Figura 5. Evolución del peso vivo y de la condición corporal a lo largo de todo el experimento, CN: campo natural, DP: destete precoz de animales CN.

Lo más importante a destacar es que fue un año muy malo desde el punto de vista climático y ambos grupos perdieron PV y CC en el invierno. Una vez realizado el destete al grupo CN que coincidió con el comienzo de la primavera, ambos grupos de vacas comenzaron a recuperar PV, y las de DP lo hacen por encima de las de CN. Algo similar sucede con la CC, existiendo una tendencia (P=0,10) a la interacción entre el tratamiento y el tiempo, donde la CC de las vacas DP fue superior en la mayor parte del periodo evaluado. Fue un año donde existieron muchas heladas agro-meteorológicas y muy bajas temperaturas, además de que los animales tuvieron muy baja accesibilidad al pasto, ya que éste presentó una altura menor a 5 cm. Si bien no hubo diferencias entre vacas de diferentes tratamientos en las concentraciones de AGNE (Figura 6), hubo un efecto del tiempo (P<0,0001), observándose un aumento de las mismas en pleno invierno, donde la caída de CC alcanzó su nivel máximo. Esto estaría simplemente indicando una movilización de reservas grasas al entrar en balance energético negativo (Wettemann *et al.,* 2003).

La probabilidad de ciclar a lo largo del tiempo fue mayor en vacas en DP que en CN (Figura 7) y la probabilidad de preñez final fue superior en DP que en CN (100 vs 57%). Por otra parte, al momento del destete definitivo de los terneros de CN, éstos pesaban 92 kg mientras que los terneros de DP pesaban 162 kg en ese mismo momento (día 210 pp). La baja producción de leche de las madres que no alcanzaron el kg/d se vio reflejada en esa variable y los terneros de DP que fueron alimentados con ración y en un mejoramiento de campo, expresaron una importante tasa de crecimiento, que los despegó del resto de sus compañeros.

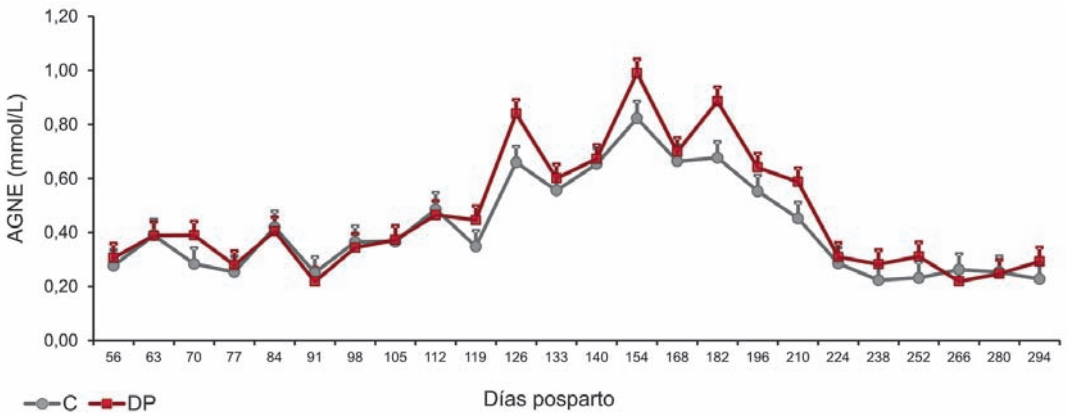


Figura 6. Evolución de los Ácidos Grasos No Esterificados (AGNE) a lo largo de todo el experimento CN: campo natural, DP: destete precoz.

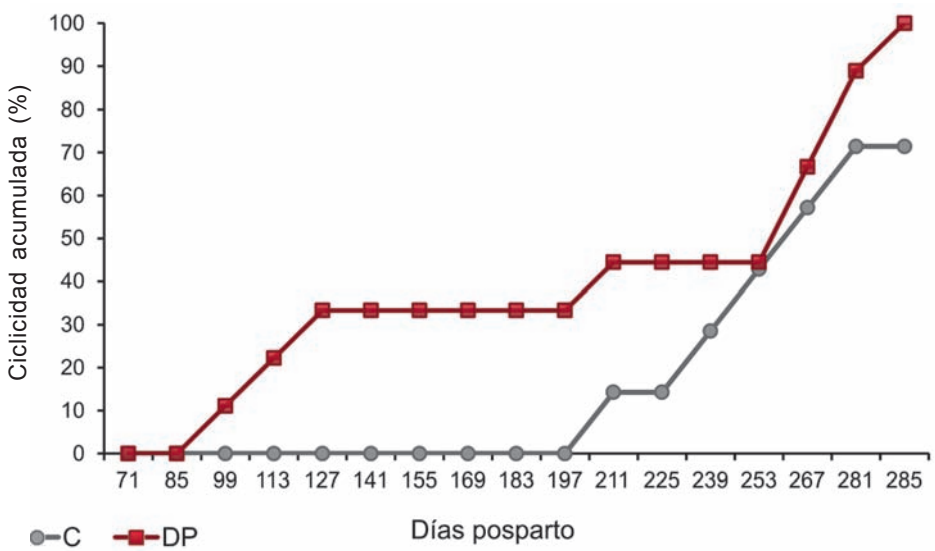


Figura 7. Ciclicidad de vaquillonas a lo largo del experimento CN: campo natural, DP: destete precoz.

CONSIDERACIONES FINALES

Para alcanzar un adecuado desarrollo de las vaquillonas de sobreaño para un entore exitoso, las mismas deben alcanzar buenos pesos de destete (entre 170 y 180 kg), realizar tasas de ganancias invernales entre 0,300 y 0,400 kg/a/d y de esa forma llegar al servicio en mayo con pesos vivos entre 300 y 320 kg. Por otra parte, en esta línea de trabajo se ha demostrado que las vaquillonas paridas alcanzan en la mayoría de los casos una buena performance reproductiva en su siguiente servicio, cuando son servidas en la primavera sin cría al pie, con tres años de edad. Sólo en el tercer experimento, donde las vaquillonas realmente presentaron muy baja CC acusando un muy mal año desde el punto de vista climático y forrajero, se observaron diferencias en el desempeño reproductivo en la primavera. Es importante remarcar que lo que fue consistente a lo largo de los tres años, fue el bajo peso de los terneros que permanecieron lactando a sus madres en invierno sobre campo natural. A pesar de que los años fueron distintos desde el punto de vista climático, los resultados en desempeño productivo de terneros de madres mane-

jadas sobre campo natural fue muy consistente a lo largo de los años evaluados. Esto puede revertirse a través de diferentes manejos como un creep feeding, un manejo sobre una pastura mejorada que permita incrementar la producción de leche o en un caso más radical, a través de un destete precoz. Por otra parte, también es importante reflexionar, que esta camada de terneros puede venderse y no ser base de la reposición de madres, ya que es una pequeña parte del rodeo. Las diferentes alternativas productivas que fueron evaluadas nos permiten manejar mayor información a la hora de tomar decisiones de manejo, ya sea coyunturales o estructurales.

AGRADECIMIENTOS

Al personal de la Unidad Experimental Palo a Pique por la dedicación a estos trabajos. A los D.M.V Robert Wijma e Ignacio Saravia que apoyaron parte de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA. A.J.; MOREIRA, R.B.; SCARSI, M.A. 2007. Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnicera. Tercer año de evaluación. Tesis de grado de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República 106.p

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

QUINTANS, G.; STRAUMANN, J.M.; AYALA, W.; VÁZQUEZ, A.I. 2004. Effect of winter management on the onset of puberty in beef heifers under grazing conditions. 15th International Congress on Animal Reproduction, Porto Seguro, Brasil (Abstract 22).

QUINTANS, G.; BANCHERO, G.; CARRIQUIRY, M.; LÓPEZ-MAZZ, C.; BALDI, F. 2010. Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. Animal Production Science 50 (10): 931-938.

QUINTANS, G.; VELAZCO, J.I.; SCARSI, A.; LÓPEZ-MAZZ, C.; BANCHERO, G. 2012. Effect of nutricional management during the postpartum period of primiparous autumn-calving cows on dam and calf performance under range conditions. Livestock Science 144 (1-2):103-109.

QUINTANS, G.; SARAVIA, I.; WIJMA, R.; SCARSI, A.; LÓPEZ-MAZZ, C. 2012a. Early weaning in primiparous autumn-calving cows in low body condition score: effects on body condition, nefa and insulin concentrations and ovarian cyclicity. 17th International Congress on Animal Reproduction, Vancouver, Canada.

STRAUMANN, J.M.; AYALA, W; VÁZQUEZ, A.I.; QUINTANS, G. 2008. Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnicera. In: Seminario de Actualización Técnica (2008, Treinta y Tres). Cría Vacuna. Treinta y Tres, INIA pp 59-63 (Serie Técnica no 174).

SARAVIA, I.; WIJMA, R. 2011. Efecto del destete precoz en el desempeño productivo y reproductivo en vacas primíparas lactando en invierno y sus terneros. Tesis de grado de la Facultad de Veterinaria, Universidad de la Republica, 106.p

WETTEMANN, R. P., LENTS, C. A., CICCIOLI, N. H., WHITE, F. J., RUBIO, I. 2003. Nutritional and suckling-mediated anovulation in beef cows. Journal of Animal Science 81 (Suppl 2): E48-59.

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-

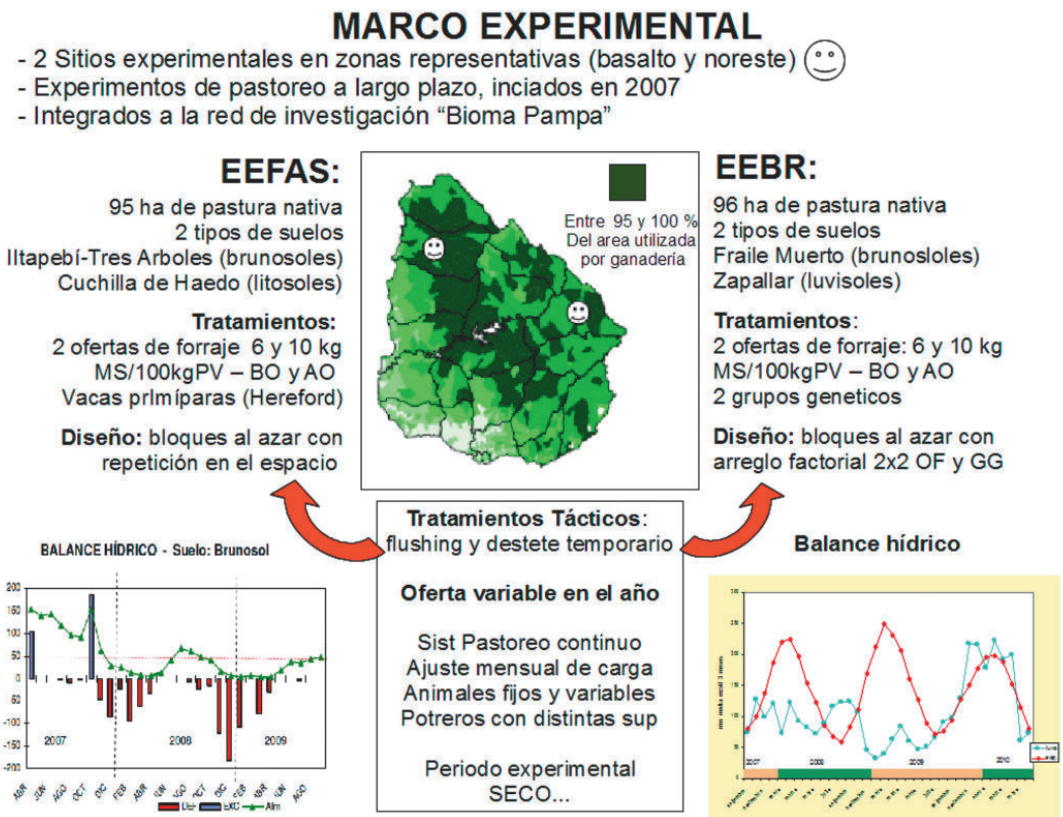


Figura 1. Descripción de los experimentos de pastoreo llevados a cabo en la Facultad de Agronomía. EEFAS. Estación Experimental San Antonio, Salto, EEBR: Estación Experimental Bernardo Rosengurt, Cerro Largo.

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.

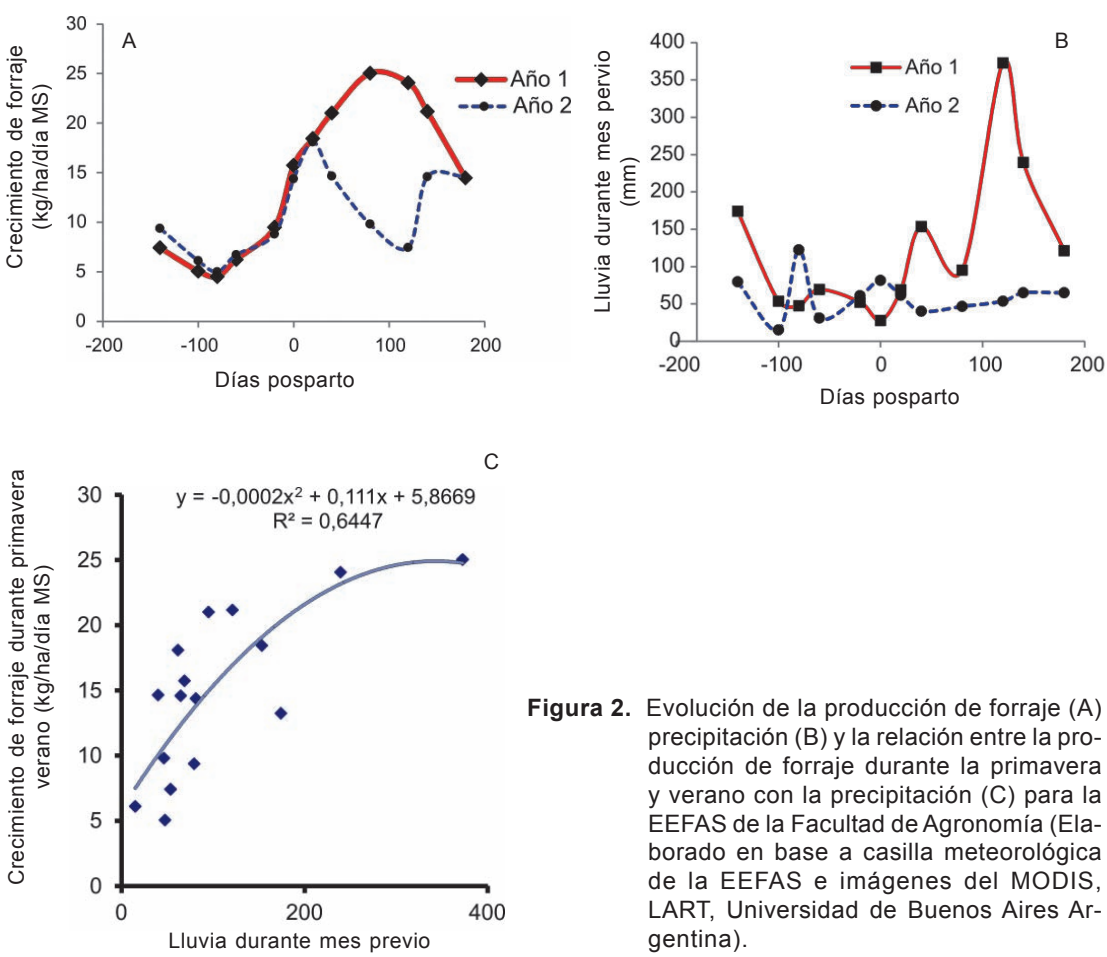


Figura 2. Evolución de la producción de forraje (A) precipitación (B) y la relación entre la producción de forraje durante la primavera y verano con la precipitación (C) para la EEFAS de la Facultad de Agronomía (Elaborado en base a casilla meteorológica de la EEFAS e imágenes del MODIS, LART, Universidad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

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.

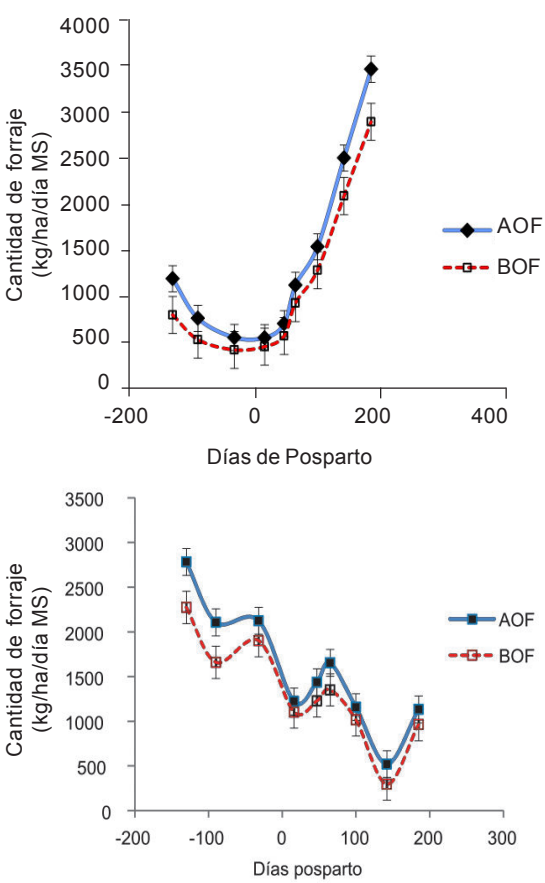


Figura 3. Evolución de la cantidad de forraje en los días posparto de ambos años (EEFAS Promedios de mínimos cuadrados ± error estándard).

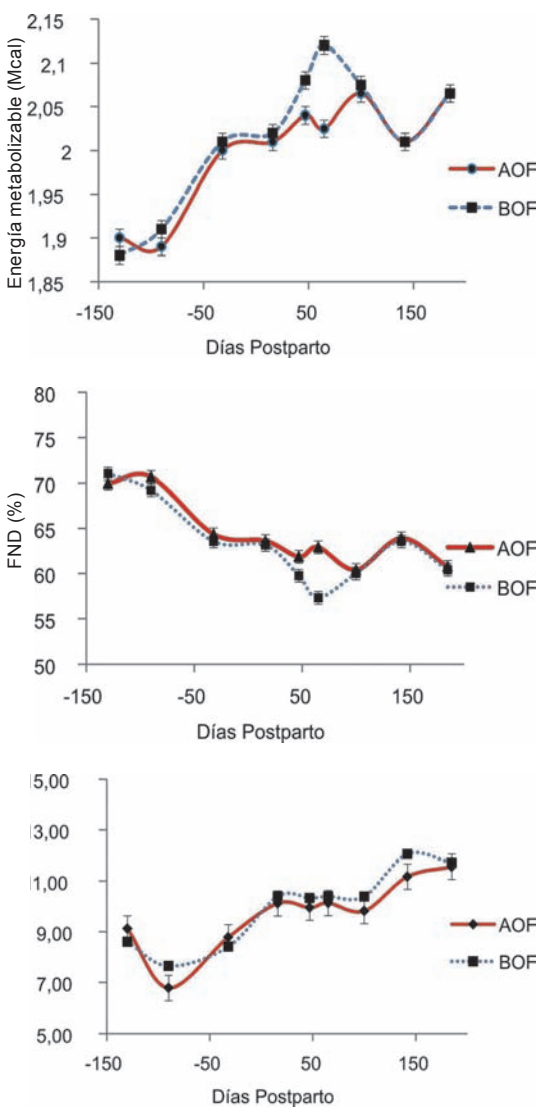


Figura 4. Evolución de la concentración de PC y FDN (%) durante los días posparto del año 2 (EEFAS, Promedios de mínimos cuadrados ± error estándard).

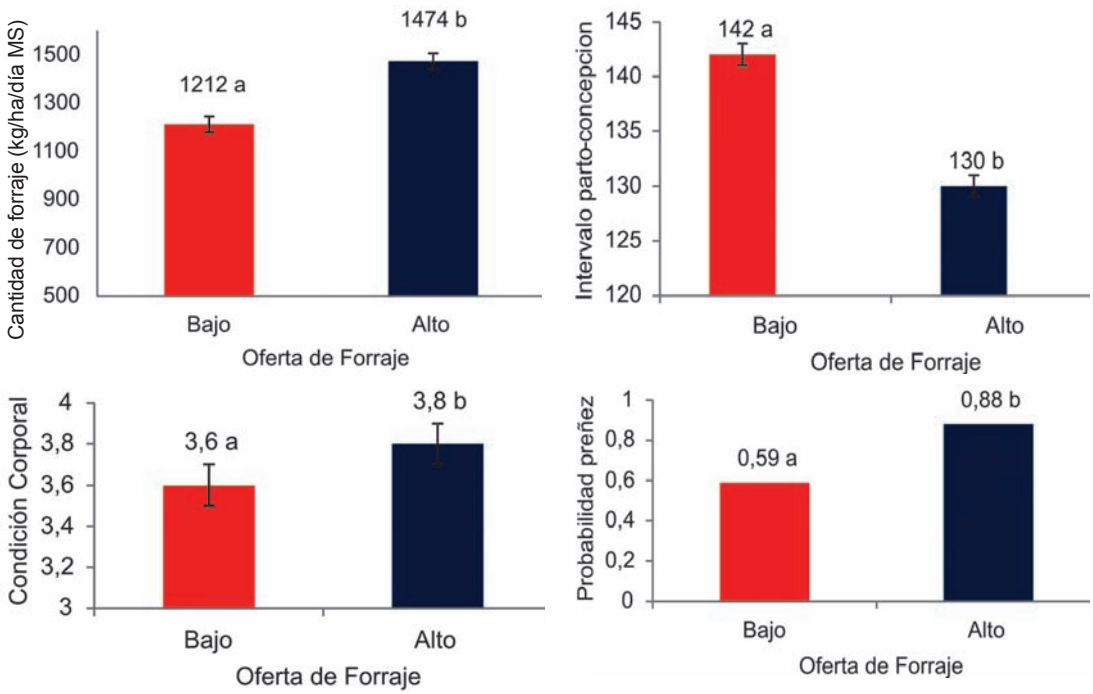


Figura 5. Efecto de la oferta de forraje sobre la cantidad de forraje, condición corporal, intervalo parto-concepción y probabilidad de preñez de vacas primíparas en pastoreo de campo natural (EEFAS, promedios de mínimos cuadrados error standard, letras diferentes p<0,05) (Fuente: Claramunt *et al.,*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

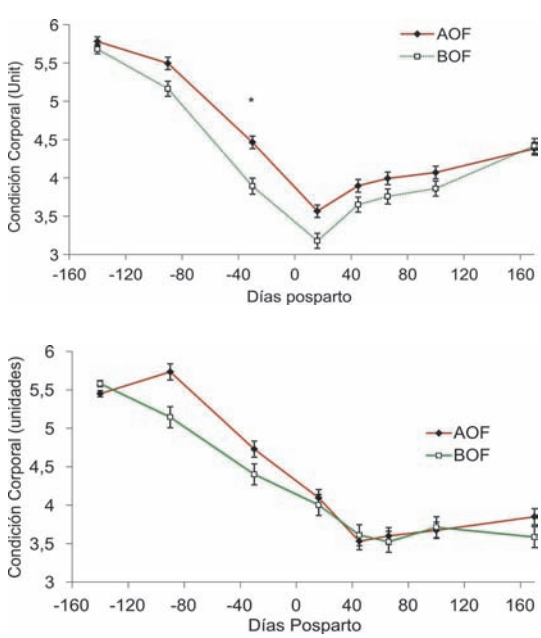


Figura 6. Evolución de la condición corporal (CC) durante el pre y posparto de vacas primíparas en pastoreo de campo nativo (EEFAS, Promedios de mínimos cuadrados ± error standard) (Fuente: Claramunt *et al.,* 2013).

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.

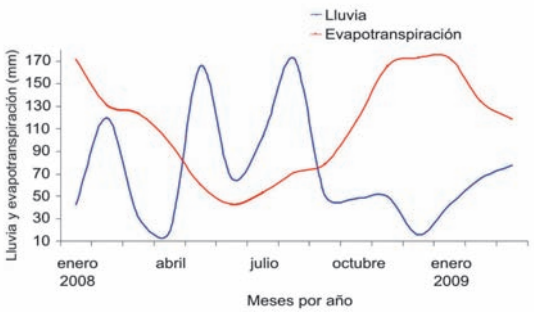


Figura 7. Evolución de la precipitación y la evapotranspiración en la EEBR de la Facultad de Agronomía. (Promedios y desvíos estándar provenientes de los registros de la Casilla Meteorológica de la EEBM, Facultad de Agronomía).

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).

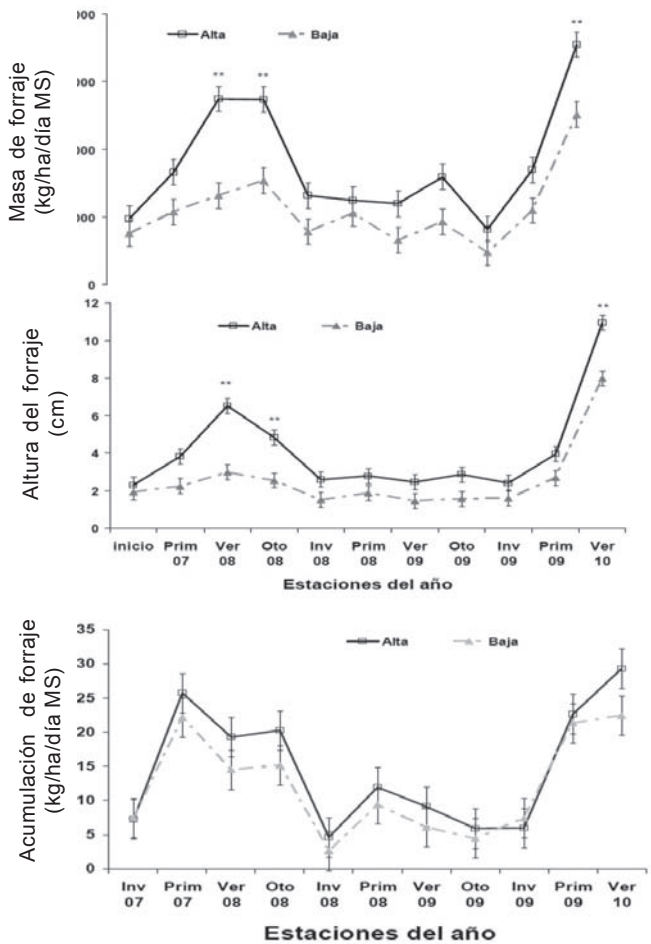


Figura 8. Efecto de la oferta de forraje y estación del año sobre la cantidad altura y acumulación de forraje desde primavera 2007 a verano 2010 (Promedio de mínimos cuadrados ± error estándar) Proyecto FPTA 242 INIA - Facultad de Agronomía. Los asteriscos (**) indican diferencias significativas entre 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).

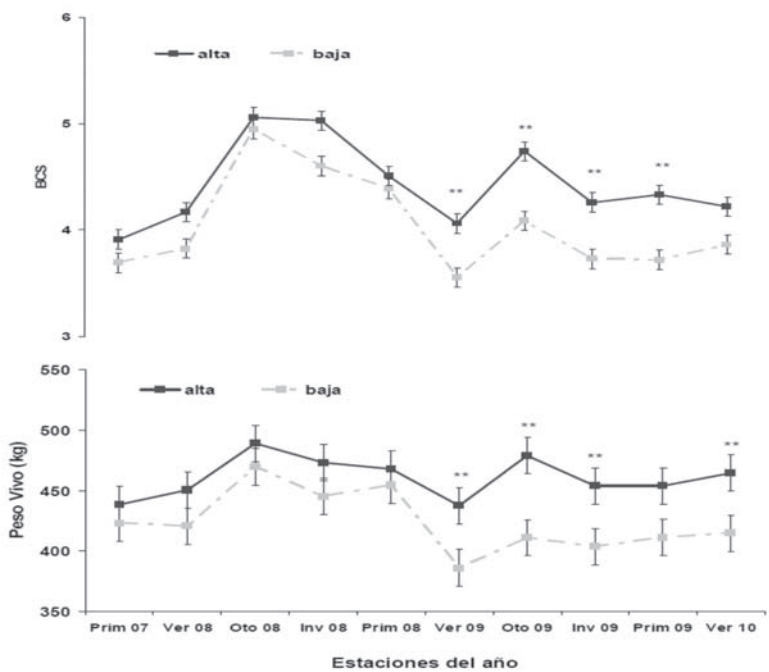


Figura 9. Efecto de la oferta de forraje sobre la condición corporal (CC) y peso vivo (PV) de vacas de cría en pastoreo de campo natural (Promedios de mínimos cuadrados ± error estándar).

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

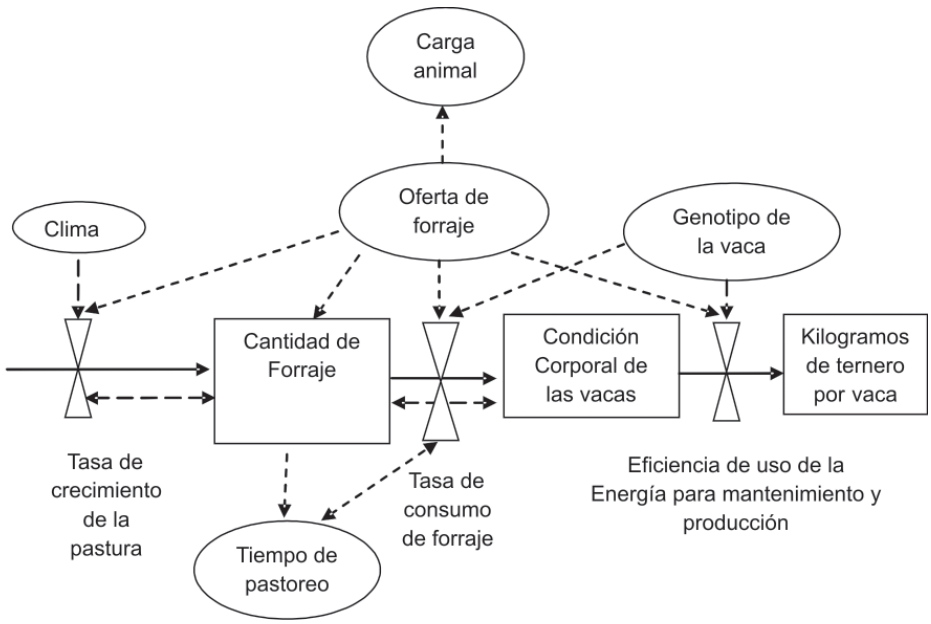


Figura 10. Modelo conceptual que describe las variables de estado, flujos de información y variables auxiliares que describen el funcionamiento de Campos bajo pastoreo (Do Carmo et al, 2013 sp).

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).

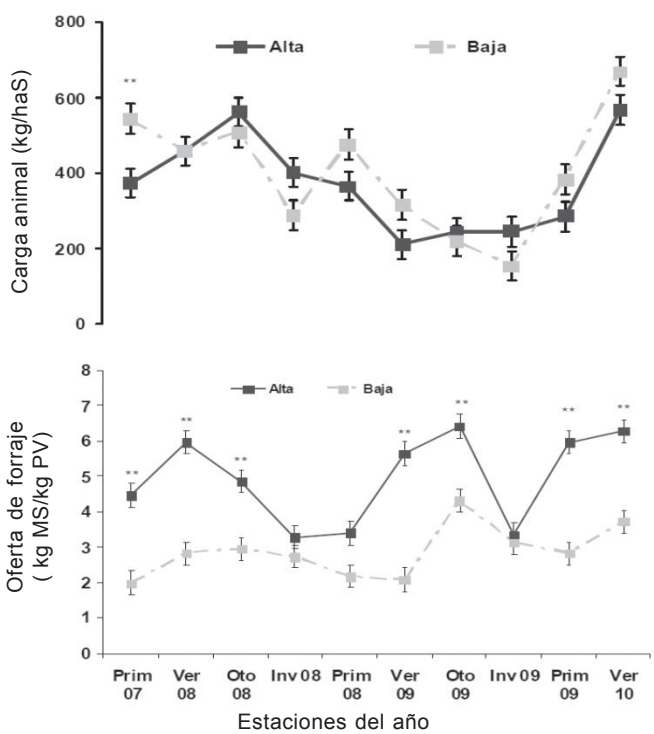


Figura 11. Carga animal (kilos de peso vivo animal por unidad de superficie) y oferta de forraje real (kg MS/kg PV) en cada estación del año en alta oferta de forraje (AO) y Baja oferta de forraje (BO) (Medias de mínimos cuadrados ± error estándar). Los asteriscos (**) indican diferencias significativas 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

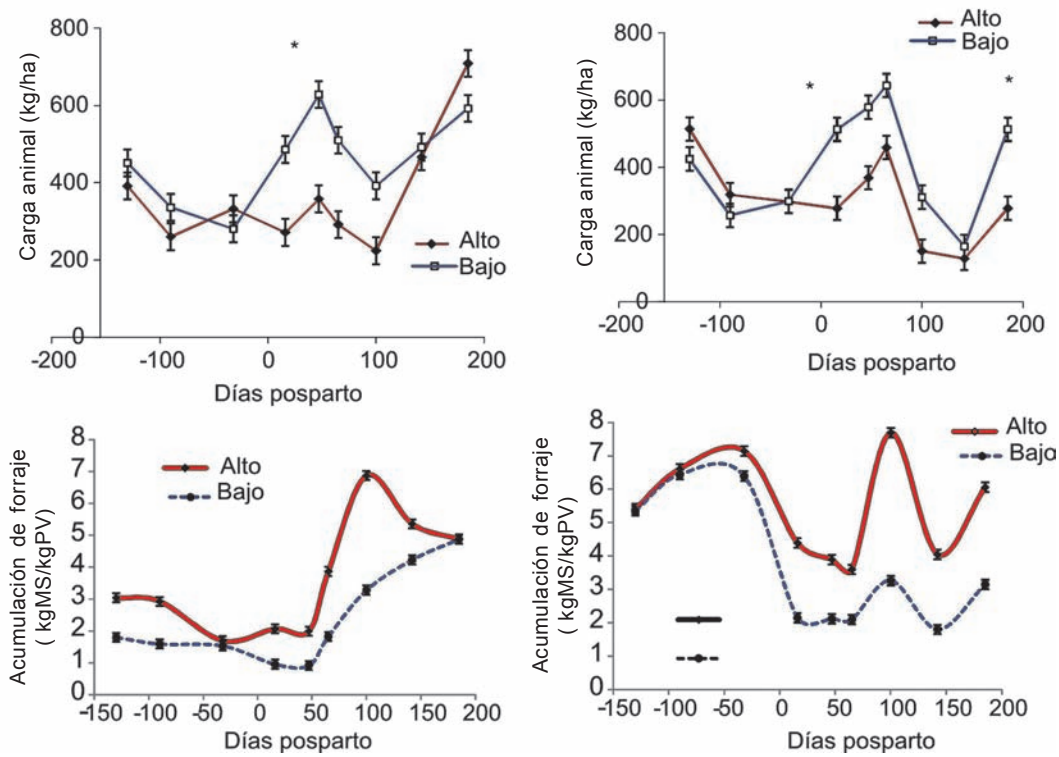


Figura 12. Evolución de la capacidad de carga entre años y de la oferta de forraje (Medias de mínimos cuadrados ± error estándar) para EEFAS.

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

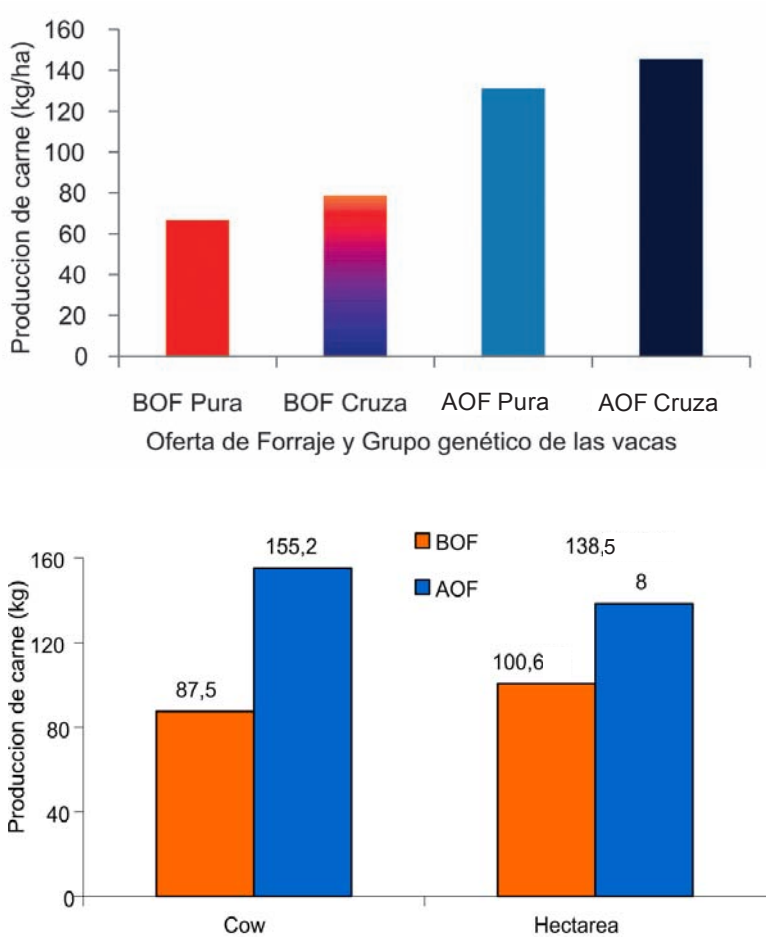


Figura 13. Efecto de la oferta de forraje y grupo genético (EEBR) y la oferta de forraje sobre la producción por unidad de superficie en ambos experimentos.

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.

OFERTA DE FORRAJE DEL CAMPO NATURAL Y RESULTADO PRODUCTIVO DE LOS SISTEMAS DE CRÍA VACUNA DEL URUGUAY: II. RESPUESTA METABÓLICA Y POTENCIAL PRODUCTIVO DEL TERNERO

Mariana Carriquiry[1], Ana Espasandin[2]
Ana Astessiano[3], Alberto Casal[4]
Martín Claramunt[5], Martín Do Carmo[6]
Veronica Gutierrez[7], Jimena Laporta[8]
Ana Meikle[9], Santiago Scarlato[10]
R. Perez-Clariget[11], AnaTrujillo[3]
Carolina Viñoles[12], Pablo Soca[3]

RESUMEN

La modificación de la intensidad de pastoreo permitió mejorar la captación, uso y conversión de la energía solar en producto animal del ecosistema pastoril criador. Un cambio de baja a alta oferta de forraje (BOF vs. AOF; 2.5 vs. 4 kg MS/kgPV promedio anual), permitió incrementar la producción de forraje sin modificaciones en la capacidad de carga del sistema. La AOF mejoró la respuesta productiva y reproductiva de las vacas de cría, incrementando la eficiencia global del sistema criador. Esta mejor respuesta productiva y reproductiva se asoció a un mejor balance energético de las vacas en AOF, reflejado no solo en la CC sino también en el perfil de hormonas metabólicas y de expresión génica en hígado a lo largo del ciclo gestación-lactación. Esta mejora en el balance de energía de las vacas en AOF podría ser el resultado no solo de un mayor consumo sino también de una reducción en los costos de mantenimiento (ie. metabolismo basal, actividad de pastoreo). Las vacas cruzas (F1) presentaron una superioridad productiva y reproductiva (heterosis) frente a las vacas puras (Angus/Hereford), siendo esta superioridad mayor en ambientes restrictivos. Estas respuestas diferenciales probablemente estén asociadas a diferencias en los mecanismos de partición de la energía, priorizando diferentes funciones ante cambios ambientales y sugieren una adaptabilidad mayor de las vacas CR a ambientes restrictivos (ie. tamaño órganos). Es así que, sería posible plantear un

[1]Ing. Agr., PhD. Departamento de Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía.
[2]Ing. Agr., DSc. Departamento de Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía.
[3]Ing. Agr., MSc. Departamento de Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía.
[4]D.M.V. Departamentode Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía.
[5]Ing. Agr. Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria.
[6]Ing. Agr., MSc. Programa Nacional de Pasturas y Forrajes. -INIA Tacuarembó.
[7]D.M.V. Microsules.
[8]Lic. MSc., Realizando su doctorado en el exterior.
[9]D.M.V. PhD. Laboratorio de Técnicas Nucleares. Facultad de Veterinaria.
[10]Ing. Agr., MSc. Programa Nacional de Producción Familiar -INIA Las Brujas.
[11]D.M.V. MSc., PhD., Departamento de Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía.
[12]D.M.V. PhD. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Tacuarembó.

recorrido tecnológico que permitiría mejorar los resultados físicos, económicos, la sostenibilidad ambiental y la competitividad de la producción de carne a nivel nacional.

Palabras clave: vacas de carne, nutrición, genotipo

ABSTRACT

The change in the intensity of grazing improved interesection, use and conversion of solar energy into animal product in rangeland cow-calf systems. A change from low to high herbage allowance (HI vs. LO; 2.5 vs. 4 kg DM/kgBW annual average) allowed to increase forage production without changes in the system load capacity. High forage allowance improved productive and reproductive performance of beef cows, increasing overall cow-calf system efficiency. These improved productive and reproductive responses were associated with a better energy balance of HI cows, reflected not only in BCS but also in metabolic hormones profile and liver gene expression during the gestation-lactation cycle. The improvement in the energy balance of HI cows could be the result not only of an increased intake but also a reduction in maintenance cost (ie. basal metabolism, grazing activity). The crossbred cows (F1) had a productive and reproductive superiority (heterosis) than pure cows (Angus/Hereford), which was higher in restrictive environments. These differential responses are probably related to differences in the mechanisms of energy partitioning of energy functions, prioritizing different function when facing changes in the environment and suggest a greater adaptability of the F1 cows to restrictive environments (ie organ size). Thus, it could be possible to have technologies that would improve physical and economic results, environmental sustainability and competitiveness of Uruguayan beef production.

Key words: beef cows, nutrition, genotype

INTRODUCCIÓN

En nuestros sistemas de producción, la cría se lleva a cabo principalmente en pastoreo de campo natural, en el cual la producción estacional y las variaciones climáticas intra- e inter- anuales generan diferencias en la cantidad y calidad de la pastura ofrecida (Berretta *et al.,* 2000), determinando que el aporte de nutrientes a la vaca resulte la principal limitante del proceso productivo-reproductivo.

La carga animal es la principal variable de manejo que afecta el resultado físico y económico de la producción ganadera pastoril y su efecto se expresa a través de los cambios en intensidades de pastoreo sobre la pastura (a corto y largo plazo) y el animal (resultado físico-económico) (Bransby *et al.,* 2000). El control de la oferta de forraje, definido (Sollenberger *et al.,* 2005) como los kg de materia seca (MS) por cada kg PV sería la principal herramienta para controlar la intensidad de pastoreo y permitiría incrementar tanto la productividad de la pastura (Maraschin *et al.,* 1997; Soares *et al.,* 2003) como la productividad animal (Soares *et al.,* 2003; Stuedemann y Franzluebbers, 2007).

Por otra parte, la productividad del sistema criador (peso al destete y eficiencia reproductiva) está influenciado por componentes genéticos. El genotipo de la vaca, está representado por la o las razas que la compongan (efectos raciales), así como por la interacción que se genera entre ellas, vigor híbrido o heterosis (Koch *et al.,* 1985). Se ha reportado que el uso de vacas cruza (Hereford/Angus) puede mejorar la producción física en hasta 30% en su vida útil, sin incrementar los costos de producción (Morris *et al.,* 1987). A su vez, la eficiencia global en el uso del alimento por vacas de cría, depende de la interacción entre el genotipo y el ambiente. Jenkins y Ferrel (1994) revelan diferencias a nivel de consumo, producción de leche, composición corporal y resultados productivos de diversos materiales genéticos frente a cambios en la cantidad de alimento ofrecido.

La información nacional que evaluara el efecto de la oferta de forraje (intensidad de

pastoreo) y el genotipo de la vaca sobre la productividad de la cría vacuna en Uruguay, haciendo énfasis en la comprensión de los mecanismos que regulan la partición de nutrientes y la homeostasis del metabolismo energético en respuesta a diferentes estrategias de alimentación, es incipiente. En este sentido, se ha planteado que importantes avances podrían lograrse con la integración de datos generados a nivel del ARNm, proteínas, metabolitos y tejidos en diferentes estrategias de alimentación y con vacas de diferente mérito genético de manera de poder mejorar los modelos metabólicos existentes y proveer de herramientas para la manipulación de procesos complejos que puedan tener un impacto económico en el largo plazo (Loor, 2010).

En este marco, el Proyecto INIA-FPTA#262 tuvo como objetivo estudiar el **efecto del control de la intensidad de pastoreo del campo natural** a través del manejo de la oferta de forraje y **sus posibles interacciones con el genotipo de la vaca de cría** sobre los mecanismos internos metabólicos, endócrinos y/o moleculares y su asociación con el comportamiento productivo y reproductivo, buscando incrementar la eficiencia global de utilización de la energía del sistema criador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los últimos años, el grupo de investigación «*Cría vacuna sobre campo natural*» de la Facultad de Agronomía, junto con investigadores de INIA y de la región, hemos llevando adelante un Programa de Investigación orientado a vincular la distribución espacial y temporal de los recursos forrajeros, el pastoreo animal, el uso de los nutrientes por las vacas y las respuestas productivas y ambientales que resultan de dichas interacciones. En este marco, en el año 2007 se instaló un experimento de pastoreo sobre suelos representativos del noreste [Zapallar y Fraile Muerto; 120 ha, Estación Experimental Bernando Rosengurtt (EEBR), Facultad de Agronomía, Cerro Largo] de nuestro país, el cual se ha manejado en forma continua hasta el presente.

El experimento presentó un diseño experimental de bloques al azar con repetición en el espacio y dos tratamientos de oferta de forraje: alta (AOF) y baja (BOF) (4 vs. 2,5 kg MS/kgPV en promedio, AOF vs. BOF; respectivamente) variables a lo largo del año (5, 3, 4, y 4 kg MS/kgPV y 3, 3, 2, y 2 kg MS/kgPV para AOF y BOF en otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente). La asignación de forraje se ajustó mensualmente después de medir la cantidad de forraje disponible en cada parcela (Haydock y Shaw, 1975) a través del ingreso de animales volantes (Mott, 1960) de similar grupo genético y condición fisiológica en caso de ser necesario.

Se utilizaron vacas adultas (multíparas, n= 60) de dos grupos genéticos (puras: Aberdeen Angus y Hereford y cruzas: sus respectivas cruzas F1, PU vs. CR), que pertenecían o eran descendientes del rodeo experimental generado como parte de un experimento dialélico que se llevó a cabo durante 10 años en la EEBR (Espasandin *et al.,* 2010). Las vacas se manejaron como un grupo contemporáneo y pastorearon en el mismo tratamiento nutricional (AOF o BOF) desde mayo 2007, habiendo gestado y amamantado un ternero por año desde esa fecha hasta mayo 2010, momento en que fueron sacrificadas en frigorífico.

A su vez, se evaluaron 40 terneros hijos de las vacas PU y CR pastoreando AOF y BOF. Los padres de los terneros fueron raza Hereford o Angus, determinando que los terneros hijos de vacas puras fueran cruza F1 mientras que los hijos de vacas cruza fueran retro-cruza. Se incluyeron terneros nacidos durante la parición de primavera del 2009 (desde octubre a noviembre). Asimismo, los terneros también fueron sometidos al efecto de la oferta de forraje desde la concepción hasta el destete (abril 2010; 142 ± 15 días) momento en el que se finalizó el tratamiento diferencial entre los animales. Se evaluaron 10 terneros (n = 5 machos y 5 hembras) por tratamiento. Los terneros machos fueron castrados al destete (142 ± 15 días). Luego del destete, todos los terneros (machos y hembras) fueron manejados como grupo contemporáneo, pastorearon juntos y fueron suplementados con una ración con 16% de proteí-

na hasta alcanzar 150 kg PV, teniendo siempre acceso total a agua. Luego de alcanzar 150 kg en promedio, se retiró el suplemento y estos terneros fueron alimentados únicamente con pastura nativa hasta los 380 días de edad (octubre 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción primaria y respuesta productiva global

Los resultados en términos de producción primaria y respuesta productiva se detallan en Carriquiry *et al.* (2012) y Soca *et al. (esta publicación*). A modo de resumen podemos decir que el control de intensidad de pastoreo a través del cambio en la oferta de forraje permitió en AOF:

- aumentar la producción de forraje que se reflejó en mayor masa (+64%), altura (+58%) y acumulación (+22%), manteniendo la carga animal promedio anual (382 y 398 ± 7 kgPV/ha AOF y BOF, respectivamente),
- aumentar la producción animal, incrementando en un 19% los kg de ternero destetado/vaca entorado/año (al aumentar de 5-6% el porcentaje de preñez y destete y el 10% el PV del ternero al destete).

Por otra parte, el uso de vacas CR permitió:

- aumentar la producción animal, incrementando en un 15% los kg ternero destetado/vaca entorado/año (al aumentar el 67% el porcentaje de destete y el 11% el PV del ternero al destete).

Esta mayor productividad de la AOF y de las vacas CR se asoció a una mayor CC en vacas en AOF que BOF y en CR que PU (Figura 1). Es importante hacer notar que las vacas en AOF (pero no en BOF) alcanzaron las CC de otoño y primavera objetivo, de manera de maximizar la eficiencia reproductiva (CC cercanas a 5 unidades en otoño y de 4 o más en primavera; Soca *et al.,* 2007).

Características de la respuesta reproductiva

La mayor respuesta productiva (de vacas en AOF y CR) se asoció también a una mayor respuesta reproductiva evidenciada en una mayor probabilidad de ciclar a los 60, 90 y 120 días posparto (año 2010, Figura 2; Carriquiry *et al.,* 2011a) y un menor largo de anestro de las vacas en AOF que BOF y CR que PU (año 2010: 82, 125, 150 y 173 ± 13 días posparto para AOF-CR, AOF-PU, BOF-CR, y BOF-PU, respectivamente; Laporta *et al.,* 2010).

A su vez, el mejor estado metabólico (reflejado en una mayor CC) de las vacas en AOF modificó el crecimiento del folículo preovulatorio de vacas ciclando (Carriquiry *et al.,* 2011a). El desarrollo folicular es un proceso prolongado que dura más de 130 días y es sensible a la nutrición, siendo regulado por la acción directa de metabolitos (glucosa) y hormonas metabólicas [insulina, leptina y

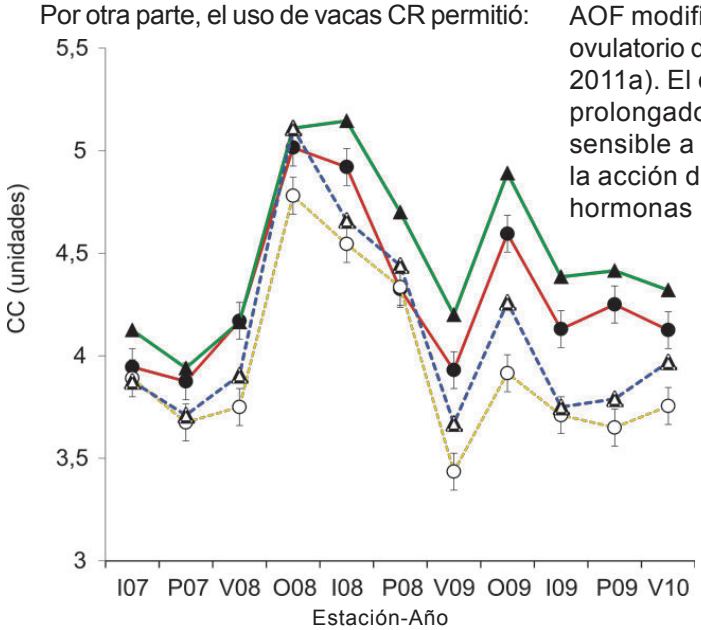


Figura 1. Condición corporal (CC) de vacas puras (círculos) y cruzas (triángulos) pastoreando alta (línea entera) y baja (línea punteada) oferta de forraje de campo natural.

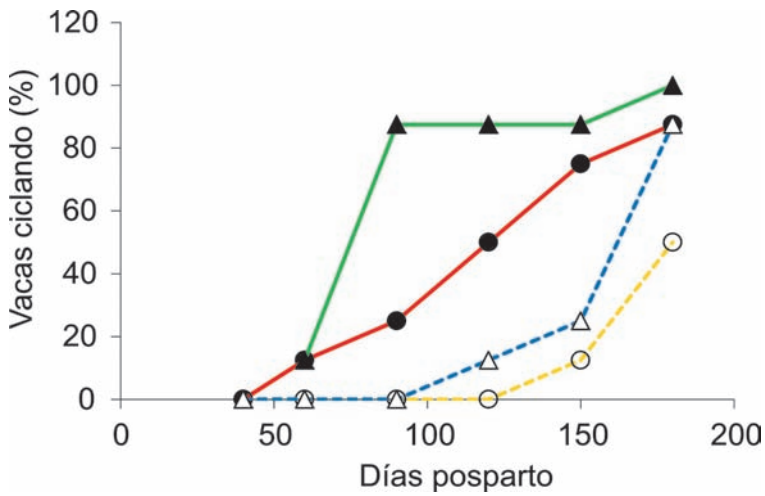


Figura 2 Probabilidad de reincio de la actividad luteal en vacas puras (círculos) y cruzas (triángulos) pastoreando alta (línea entera) y baja (línea punteada) oferta de forraje de campo natural

factor similar a la insulina-I (IGF-I)], que aumentan la eficiencia de uso de la hormona folículo-estimulante (Scaramuzzi *et al.,* 2011). En este sentido, el folículo preovulatorio alcanzó un mayor tamaño en las vacas cíclicas en AOF que en BOF (a la faena en mayo 2010) sin diferencias en las concentraciones de glucosa ni de estradiol pero si con una mayor concentración de progesterona (P4) en líquido folicular (Cuadro 1). Mayores concentraciones de P4 en el líquido del folículo preovulatorio podrían afectar el potencial del oocito de desarrollar embriones (Aparicio *et al.,* 2011). Sin embargo, la oferta de forraje no afectó la proporción de folículos saludables y atrésicos ni la calidad de los complejos cúmulus ovocito, a pesar de las diferencias en el tamaño de los folículos pre-ovulatorios (Hyttel *et al.,* 1997).

Por otra parte, para que los ciclos productivos-reproductivos sean exitosos, la vaca de cría no solo debe comenzar a ciclar sino también quedar preñada. Una sincronía estricta entre el ambiente materno y el embrión es esencial para asegurar la supervivencia embrionaria: tanto el endometrio como el embrión, sintetizan y secretan a la interfase embrio-maternal una multitud de factores de crecimiento, proteínas, citoquinas, hormonas y otras sustancias que afectan a ambas partes, ya sea en forma autocrina o paracrina, y que determinan dicha sincronía (Martal *et al.,* 1997). Entre los factores de crecimiento promotores del desarrollo embrionario, la familia IGF tiene un rol primordial y su expresión local en endometrio puede afectar la proliferación, diferenciación y actividad metabólica de este tejido (Thiessen *et al.,* 1994). La expresión uterina de ARNm de dos *proteínas de unión de las IGF* (*IGFBPs)* tendió a ser menor (*IGFBP2*) o fue menor (*IGFBP4*) en vacas ciclando en AOF que BOF (Carriquiry *et al.,* 2011b; Cuadro 2). Estas IGFBPs han sido asociadas a efectos inhibitorios del IGF-

Cuadro 1. Tamaño folículo preovulatorio, calidad del folículo y del complejo cúmulo-ovocito y composición del líquido folicular en vacas de carne puras y cruzas pastoreando alta (AO) y baja (BO) oferta de forraje del campo nativo

	Oferta de forraje			
	AO	**BO**	**EE**	**Valor-P**
Tamaño folículo preovulatorio (mm)	12,0	8,9	1,1	0,030
Composición líquido folicular				
Glucosa (mg/dL)	19,6	24,3	5,5	0,563
Estradiol (pg/mL)	216040	246567	55906	0,222
Progesterona (ng/mL)	126,4	47,0	30,0	0,099

Cuadro 2. Expresión génica uterina de vacas de carne puras y cruzas pastoreando alta (AO) y baja (BO) oferta de forraje del campo nativo

	Oferta de forraje			
Gen[1]	**AO**	**BO**	**EE**	**Valor-P**
ERα	1,67	1,64	0,28	0,205
PR	1,11	1,02	0,20	0,748
GHR	0,09	0,13	0,02	0,316
IGF1	1,40	1,59	0,34	0,619
IGF2	0,24	0,39	0,09	0,128
IGFR1	0,77	0,92	0,13	0,475
IGFBP2	0,15	0,30	0,08	0,092
IGFBP3	2,23	1,36	0,74	0,447
IGFBP4	1,25	2,52	0,97	0,017
IGFBP5	0,11	0,11	0,02	0,871
IGFBP6	4,11	3,80	0,84	0,808

[1]ERα=receptor de estrógenos-α, PR = receptor progesterona, GHR = receptor hormona de crecimiento, IGF = factor de crecimiento similar a la insulina 1 y 2, IGFR1 =receptor IGF tipo 1, IGFBP = proteínas de unión de las IGF 2 a 6.

I e IGF-II, sugiriendo un posible efecto negativo de la BOF sobre el desarrollo potencial e implantación del embrión (Wathes *et al.,* 2011).

Respuesta metabólica

La capacidad de adaptación de los rumiantes a estos períodos de balance energético negativo (BEN) depende de su sistema endócrino y de mecanismos metabólicos para mantener la homeostasis (Chilliard *et al.,* 1998). En este contexto, el desacople de eje somatotrófico [hormona del crecimiento (GH) – IGF-I] juega un papel clave en la regulación endocrina de la partición de nutrientes durante períodos de BEN. Este desacople se ha asociado con un estado de resistencia del hígado a la GH, como consecuencia de la reducción de la expresión de ARNm de los receptores de GH (GHR), en particular de su isoforma-1A (GHR-1A) (Kobayashi *et al.,* 1999; Radcliff *et al.,* 2003), a una disminución en las concentraciones circulantes de insulina (Mashek *et al.,* 2001; Butler *et al.,* 2003), y a cambios en la circulación y/ o expresión hepática de IGFBP2 e IGFBP3 (Loor *et al.,* 2005; Roberts *et al.,* 1997; Carriquiry *et al.,* 2009). La mayoría de la información científica relacionada con el desacople de este eje se ha generado en vacas lecheras durante el período de transición. Sin embargo, el estudio de este mecanismo a lo largo del ciclo de gestación-lactación en la vaca de carne en condiciones pastoriles ha sido nulo o escasamente estudiado (Jiang *et al.,* 2005; Schneider *et al.,* 2010; Astessiano, 2010; Scarsi, 2012).

En este trabajo, los cambios más notorios en relación con el sistema endocrino y la expresión hepática del eje somatotrófico, regulador se produjeron durante la última mitad de la gestación durante el invierno, con el establecimento de un período de BEN, con pérdida de CC, aumento de concentraciones de ácidos grasos no esterificados (NEFA) en sangre (resultado de la lipólisis del tejido adiposo), disminución de las concentraciones circulantes de las hormonas anabólicas indicativos de la disponibilidad de energía – insulina e IGF-I – y aumento de la expresión de ARNm *IGFBP2* y disminución de la relación de ARNm de *IGFBP3/IGFBP2* en hígado (Figura 3), independientemente de la oferta de forraje y el genotipo de la vaca (Laporta *et al.,* 2011a). En contraste, a diferencia de lo que típicamente ocurre en la vaca de leche, en este estudio, se observaron pocos cambios en la CC y los perfiles endocrinos y moleculares durante el periparto, posiblemente como consecuencia de la baja producción de leche de la vaca de carne (Gutierrez *et al.,* 2012) que no determina un fuerte incremento de los requerimentos cuando se los compara con gestación avanzada y del aumento de la producción y masa de forraje en primavera que coincide con el incio de la lactancia (Laporta *et al.,* 2011b).

Las concentraciones en sangre de insulina e IGF-I son indicativos de la disponibilidad de energía y proporcionan señales de corto o largo plazo que median los efectos de la nutrición sobre la reproducción (Bossis *et al.,* 2000). En este sentido, las concentraciones hormonales y la expresión hepática del eje somatotrófico estuvieron fuertemente moduladas por la oferta de forraje. Las concentraciones de insulina e IGF-I en sangre, así como la relación de ARNm *IGFBP3/*

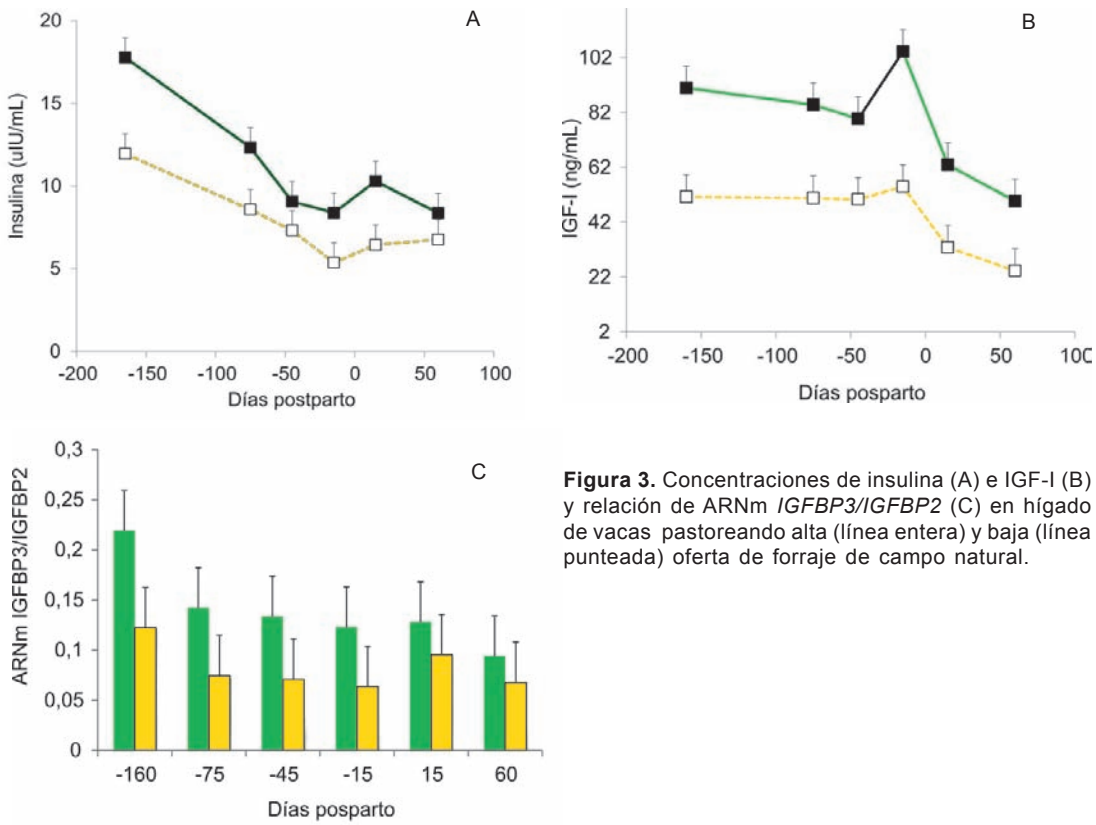


Figura 3. Concentraciones de insulina (A) e IGF-I (B) y relación de ARNm *IGFBP3/IGFBP2* (C) en hígado de vacas pastoreando alta (línea entera) y baja (línea punteada) oferta de forraje de campo natural.

IGFBP-2 fueron mayores en AOF que BOF (Laporta *et al.,* 2011a; 2011b).

Por otra parte, el hígado es un órgano metabólicamente activo y juega un rol central en el metabolismo intermediario. Resultados de microarreglos (Laporta *et al.,* 2011c; 2011d) a lo largo del ciclo gestación-lactación de la vacas de cría (-165 a + 60 días relativos al parto), determinaron una expresión diferencial (genes diferencialmente expresados, GDE) de más de 4000 genes (272 genes con cambios ≥ 2,5 en al menos uno de los tiempos evaluados) relacionados con los cambios en la disponibilidad y composición química de la pastura nativa a lo largo del año (limitante del consumo de energía) y los cambios en el estado fisiológico de vaca [transición desde la gestación (otoño-invierno), el parto (primavera) y lactancia (primavera-verano). El análisis de vías metabólicas (*Gene Set Enrichment Analysis;* GSEA; Subramanian *et al.,* 2005) identificó vías metabólicas relacionadas con el metabolismo de los carbohidratos, aminoácidos y lípidos (Cuadro 3) encendidas en el invierno. Esta regulación de vías metabólicas coordinada en el tiempo refleja una mayor capacidad gluconeogénica así como un ahorro en el uso de la glucosa al usar los ácidos grasos como fuente de energía por los tejidos periféricos durante los períodos de BEN invernal asociados a la disminución del consumo en invierno y la mayor demanda de glucosa por parte del feto.

Asimismo, la oferta de forraje (AOF vs. BOF) determinó 225 GDE (47 presentaron diferencias ≥ a 2 veces) que se corresponden, entre otros, con genes asociados al metabolismo del piruvato y síntesis de glucosa, posiblemente asociado a un mayor consumo de MS y por lo tanto a la mayor disponibilidad de precursores para el metabolismo intermediario así como a una mayor actividad metabólica en estas vacas (AOF). Sin embargo, el análisis de microarreglos mostró solo dos genes que difirieron en su expresión génica hepática entre puras y cruzas la *proteína transmembrana 149* (*TMEM149*) y el *fat mass and obesity-associated protein gen* (*FTO*). La expresión, función y significancia de estos genes en el hígado de vacas de carne requiere un mayor análisis.

Cuadro 3. Análisis conjunto de genes de enriquecidos (GSEA) para el parámetro de tiempo (FDR = 0,25)

		Comparaciones de tiempo						
		-165 vs. -15[2]		-15 vs. +15		+15 vs. +60		
Vía metabólica	**n/n**	**p-valor**	**E E**	**p-valor**	**E E**	**p-valor**	**E E**	**databas**
Glicolisis and Gluconeogenesis	52/62	0,002	-0,593	0,670	0,238	0,066	0,489	KEGG
Metabolismo de propionato	28/33	0,041	-0,635	0,735	0,278	0,556	0,351	KEGG
Metabolismo glicina-serina treonina	28/31	0,008	-0,617	0,054	0,549	0,616	0,308	KEGG
Metabolismo de ácidos grasos	38/42	0,004	-0,716	0,606	0,284	0,661	0,252	KEGG
Vía de señalización-PPAR	61/69	0,002	-0,633	0,111	0,364	0,026	0,425	KEGG
Biosíntesis de hormonas esteroideas	33/55	0,031	-0,573	0,259	0,463	0,463	0,328	KEGG
Metabolismo de los glicerolípidos	38/49	0,022	-0,486	0,120	0,414	0,297	-0,343	KEGG
Biosíntesis N-glycan	40/46	0,002	0,632	0,704	0,250	0,575	0,306	KEGG
Proteasoma	41/48	0,020	0,635	0,135	-0,462	0,016	0,621	KEGG
Degradación ARNm	49/59	0,044	0,489	0,473	-0,276	0,928	0,199	KEGG
ARN polimerasa	25/29	0,112	0,515	0,026	0,505	0,799	0,242	KEGG
Vía de señalización -TGFβ	63/86	0,012	0,405	0,819	0,197	0,206	0,292	KEGG

Estos resultados indican que las vacas en AOF tuvieron un mejor estado metabólico y fueron capaces de adaptar mejor su metabolismo intermediario a los cambios en la disponibilidad de nutrientes y el suministro de energía a través del ciclo de gestación-lactación, logrando mejor CC, capacidad productiva (producción de leche) y reproductiva (comienzo de la actividad luteal). Sin embargo, las diferencias fenotípicas en la respuesta productiva y reproductiva entre CR y PU (mayor producción de leche y menor largo anestro posparto en las primeras) no se asociarían a diferencias en la expresión de genes del metabolismo intermediario a nivel del hígado pero si a un mejor estado metabólico (mayor CC y concentraciones de insulina en plasma) a finales de otoño (-165 días). Estos resultados sugieren que la manifestación de la heterosis podría ser tejido-específica (Xu *et al.,* 2005) y apoyan el concepto de una «memoria metabólica» que influye en la respuesta animal (Chilliard *et al.,* 2005).

Balance energético de la vaca de cría

La mayor CC de vacas en AOF y CR indicaría un mejor balance energético en estos animales que les permitió mayores reservas corporales. El balance energético se define como la relación entre el consumo de energía y el gasto energético, entendiendo este último como los requerimientos de mantenimiento mas producción. Estimaciones del consumo de forraje y energía en base a los sistemas de alimentación CSIRO (1994) basado en la disponibilidad y digestibilidad de la MS de la pastura y el PV de los animales; y NRC (2000), basado en los requerimientos de energía para mantenimiento, gestación o lactación, y cambios en reservas corporales, indicarían mayores consumo de energía, tanto CR como PU, en AOF. Este menor consumo de energía estimado en BOF que AOF se asoció a mayores tiempo de pastoreo y menores tiempos de rumia (Scarlato *et al.,* 2012) y a una tendencia a mayor expresión de señales orexigénicas (las cuales incrementan el consumo) a nivel del hipotálamo (mayor ARNm del *péptido similar al agouti, AgRP*) y del tracto gastrointestinal (mayor ARNm de *colecistoquinina* en abomaso, *CCK*) al cabo de tres años de ser sometidas a un mismo tratamiento de oferta de forraje (a la faena en mayo 2010), sugiriendo mecanismos de adaptación de las vacas a restricciones alimenticias severas a nivel central y periférico (Bassaizteguy *et al.,* 2012).

La eficiencia de producción en la cría vacuna está fuertemente influenciada por la partición de la energía entre las funciones de mantenimiento y producción ya que más del 70% de los costos energéticos corresponden al mantenimiento del sistema criador (Dickerson, 1978). Las vísceras del tracto gastrointestinal (TGI) y el hígado juegan un rol crítico en la determinación de los requerimientos energéticos de mantenimiento ya que representan el 45 al 50% de la energía de calor de todo el cuerpo, pero comprenden sólo el 10 al 13% de la masa corporal (Seal y Reynolds, 1993).

Tanto la oferta de forraje en el largo plazo como el grupo genético de las vacas de cría afectó el peso de las vísceras del TGI e hígado (Casal *et al.,* 2012) ya que al cabo de tres años de ser sometidas a un mismo tratamiento de oferta de forraje (a la faena en mayo 2010), las vacas AOF tendieron a presentar o presentaron un mayor peso de los estómagos, intestinos e hígado que vacas en BOF, asociado a un mayor consumo de MS y nutrientes en las primeras. Sin embargo, estas diferencias debido a la oferta de forraje no se mantuvieron cuando los pesos de estos órganos se expresaban en función del peso corporal vacío (PCV) (Cuadro 4). En contraste, el peso total de estómagos en relación al PCV tendió a ser menor en vacas CR que PU, mientras que el peso de hígado fue mayor en vacas CR que PU. El mayor tamaño del hígado de las vacas CR, probablemente resultado de la mayor carga metabólica del hígado (ej.: gluconeogénsis) debido a una mayor producción de leche (Ferrell y Jenkins, 1985), estuvo asociado a una mayor hiperplasia (incremento en el número de células, menor relación proteína: ADN, Cuadro 4) en AOF y a mayor hipertrofia (incremento en el tamaño celular, mayor relación proteína:ADN, Cuadro 4) en BOF. Esto permitiría un ahorro del costo energético de la mitosis en las vacas BOF-CR.

Cuadro 4. Efecto de la oferta de forraje (OF) y grupo genético (GG) sobre peso y relación proteína:ADN de las vísceras del TGI e hígado (Casal *et al.,* sin publicar

	Tratamientos					Valor-P[1]		
	AOF-PU	BOF-PU	AOF-CR	BOF-CR	ES	OF	GG	OFxGG
Estómagos (reticulum-rumen + omaso + abomaso)								
kg	21,42	20,11	21,48	19,82	0,73	0,065	0,871	0,810
g/kg PCV	55,02^{x}	55,50^{x}	53,46^{xy}	48,93^{y}	2,80	0,407	0,075	0,258
Proteína:ADN	29,55^{x}	23,51^{y}	23,40^{y}	26,95^{xy}	2,81	0,682	0,599	0,080
Intestinos (delgado + grueso)								
kg	7,84^{xy}	6,77^{y}	8,45^{x}	7,24^{xy}	0,48	0,023	0,216	0,873
g/kg PCV	20,34	19,40	20,54	18,28	0,98	0,135	0,633	0,503
Proteína:ADN	24,16	22,30	23,54	22,20	4,10	0,344	0,807	0,865
Hígado								
kg	4,44^{abx}	3,85^{by}	4,93^{a}	4,71^{ax}	0,24	0,086	0,003	0,370
g/kg PCV	11,39	10,94	11,71	11,82	0,40	0,694	0,139	0,480
Proteína:ADN	13,8^{ab}	15,4^{ab}	10,4^{b}	18,6^{a}	3,7	0,012	0,955	0,039

Sobre la base de la importancia del rol de las mitocondrias en la producción de energía celular, (aproximadamente el 90% de la síntesis de ATP y de, consumo de oxígeno), Rolfe y Brand (1997) han planteado la hipótesis de que las diferencias en la actividad funcional mitocondrial pueden contribuir a las diferencias fenotípicas observadas entre animales. La expresión de ARNm de varios genes que codifican para proteínas de los complejos de la cadena respiratoria en el intestino delgado (Cuadro 5) de vacas AOF que BOF (*NDUFB8, COX5B* y *NDUFS4*) y de CR que PU (*UQCRC1* y *SDHA*) podría estar asociado con un mayor aporte de energía estimado en estas vacas, que, si se traducen a proteína, puede indicar una mayor actividad metabólica. En contraste con lo observado en el intestino delgado, en el hígado se observó un aumento de la expresión de genes que codifican para las proteínas de complejos respiratorios mitocondriales, en particular de los genes asociados al complejo I, en vacas BOF-CR en comparación con otros grupos (Cuadro 5). Junto con la mayor relación proteína:ADN, este aumento en la expresión génica podría indicar una mayor actividad metabólica de las células, particularmente en relación con la síntesis de proteínas que a su vez, podría sugerir la adaptación diferencial de CR vs. PU de vacas en entornos más restrictivas (BOF).

Este incremento en la expresión de los genes que codifican las proteínas del complejo I y III en el intestino delgado de vacas en AOF y CR y del complejos I en el hígado de vacas BOF-CR podría indicar una reducción en la producción de especies reactivas del oxígeno (ROS por *reactive oxygen species*) por lo tanto, un menor daño oxidativo con un menor impacto negativo sobre el equilibrio metabólico y la eficiencia en el uso de nutrientes (Elsasser *et al.,* 2008). Se ha reportado un aumento de la expresión de varias proteínas (o genes que codifican estas proteínas) de los complejos respiratorios en tejidos de pollos (Bottje *et al.,* 2002; 2009; Iqbal *et al.,* 2004; Ojano-Dirain *et al.,* 2004) o novillos (Sandelin *et al.,* 2005; Connor *et al.,* 2009) de alta vs baja eficiencia alimenticia. Estos resultados sugieren que la mayor productividad de vacas AOF vs BOF vacas, así como en vacas BOF-CR vs. BOF-PU (Gutiérrez *et al.,* 2012; Espasandin *et al.,* 2012) podría deberse, en parte, a una regulación diferencial de la expresión génica de los complejos respiratorios mitocondriales en los órganos del TGI o el hígado.

Cuadro 5. Efecto de la oferta de forraje (OF) y grupo genético (GG) sobre la expresión de ARNm que codifican proteínas de los complejos mitocondriales en el intestino delgado e hígado (Casal *et al.,* sin publicar)

Gene[1]	Complex	Tratamientos					Valor-P1		
		AOF-PU	BOF-PU	AOF-CR	BOF-CR	E E	OF	GG	OFxGG
Intestino delgado									
NDUFB8	I	2,13^{a}	1,24^{b}	1,71^{ab}	1,48^{b}	0,21	0,04	0,68	0,13
NDUFS4	I	1,42^{x}	0,99^{xy}	1,30^{x}	0,94^{y}	0,17	0,06	0,62	0,83
SDHA	II	1,03^{x}y	0,75^{y}	1,40^{x}	1,29^{xy}	0,27	0,50	0,08	0,72
SDHD	II	1,71	1,41	2,29	1,92	0,40	0,48	0,20	0,92
UQCRC1	III	1,15^{y}	1,26^{xy}	1,90^{x}	1,50^{xy}	0,21	0,56	0,04	0,25
COX5B	IV	1,24^{a}	0,91^{ab}	1,22^{a}	0,77^{b}	0,13	0,02	0,54	0,63
CYC1	IV	1,30	1,21	1,71	1,50	0,22	0,57	0,14	0,80
ATP5B	V	1,66	1,28	1,59	1,79	0,24	0,73	0,33	0,19
ATP5O	V	1,83	1,29	2,13	2,07	0,33	0,43	0,13	0,47
Hígado									
NDUFB8	I	0,91^{ab}	0,69^{b}	0,63^{b}	1,09^{a}	0,12	0,40	0,62	0,01
NDUFS4	I	1,27^{ab}	0,58^{b}	0,82^{b}	1,50^{a}	0,20	0,97	0,27	<0,01
SDHA	II	0,69	0,39	0,74	0,75	0,17	0,43	0,23	0,32
SDHD	II	1,16	2,12	1,97	2,32	0,55	0,22	0,27	0,50
UQCRC1	III	0,76	0,47	0,66	0,96	0,20	0,98	0,35	0,17
COX5B	IV	1,39^{ab}	0,79^{b}	0,93^{ab}	1,42^{a}	0,24	0,85	0,73	0,04
CYC1	IV	0,96$_{ab}$	1,36^{a}	0,54^{b}	1,31^{a}	0,39	0,05	0,34	0,44
ATP5B	V	1,02^{xy}	1,84^{x}	0,69^{y}	1,23^{x}	0,52	0,10	0,19	0,69
ATP5O	V	0,96	0,58	0,68	0,64	0,17	0,31	0,51	0,31

[1]NDUFB8 = NADH dehydrogenase (ubiquinone) 1 beta subcomplex. 8;; NDUFS4 = NADH dehydrogenase (ubiquinone) Fe-S protein 4;SDHA = succinate dehydrogenase complex. subunit A. flavoprotein (Fp); SDHD = succinate dehydrogenase complex. subunit D. integral membrane protein; UQCRC1 = ubiquinol-cytochrome c reductase core protein I; COX5B = cytochrome c oxidase subunit Vb; CYC1 = cytochrome c-1; ATP5B = ATP synthase subunit beta; ATP5O = ATP synthase subunit

Potencial productivo del ternero

Siendo la cría bovina el inicio de la cadena de producción de carne, es importante no desconocer que la nutrición de las madres durante la gestación y lactancia impactan sobre el crecimiento y desarrollo de los terneros afectando la cantidad y calidad de la carne producida (programación del desarrollo: Funston *et al.,* 2010). Si bien el PV del ternero al nacer no fue diferente entre tratamientos, el PV del ternero al destete (ajustado a 180 días) promedio de tres años fue mayor en AOF que BOF (191 vs. 162 ± 4 kg) y en CR que PU (189 vs. 165 ± 4 kg), siendo la diferencia en el PV del ternero al destete entre los extremos AOF-CR y BOF-PU de más de 30 kg (Do Carmo *et al.,* sin publicar). La mayor ganancia diaria de los terneros hijos de vacas en AOF y CR se asoció a una mayor producción de leche (Gutierrez *et al.,* 2012) que se caracterizó por presentar el pico de producción máxima de leche (y de energía en leche) durante el primer mes de lactancia, independientemente de la oferta de forraje. Estas respuestas diferenciales probablemente estén asociadas a diferencias en los mecanismos de partición de la energía, priorizando diferentes funciones los distintos genotipos ante cambios ambientales. Ante BOF, las vacas PU reducen su producción de leche casi a la mitad de lo que su potencial posibilita (Espasandin *et al.,* 2012).

Durante el año 2009-2010, se evaluó el efecto de la oferta de forraje y del genotipo de la madre sobre el crecimiento y composición corporal del ternero en el mediano plazo (hasta los 380 días edad), determinándose que el PV de los terneros hijos de vacas BOF-PU fue menor que en los otros tres grupos incluso luego de que todos los terneros fueran destetados y manejados como un grupo contemporáneo en las mismas condiciones (Figura 4; Gutiérrez *et al.,* 2012). A su vez, la BOF afectó la composición corporal de los terneros al destete y 380 días de edad, siendo el porcentaje de grasa corporal (14.4 vs. 8.9 ± 1.2%) y en la carcasa (15.5 vs. 9.6 ± 1.7%) mayor en terneros de BOF-CR que AOF-CR (Gutiérrez *et al.,* 2012). Este mayor

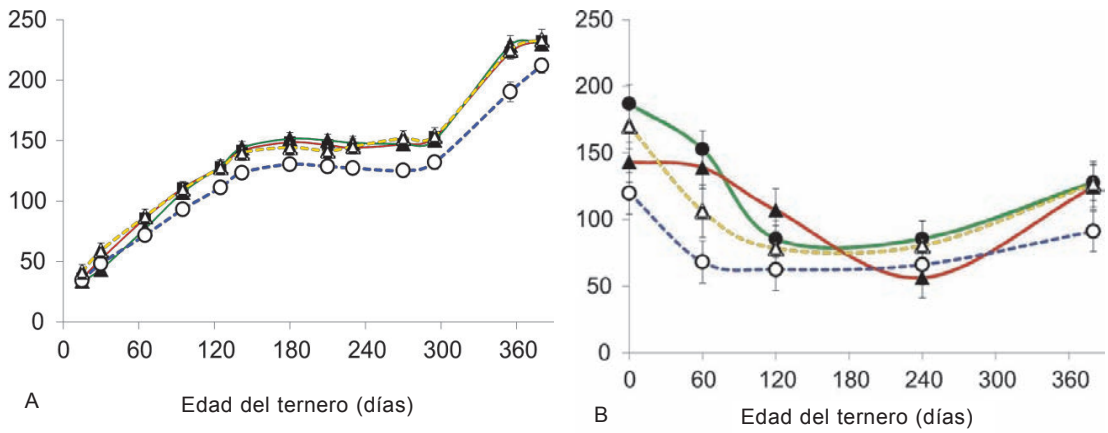


Figura 4. Peso vivo (A) y concentraciones de IGF-I (B) desde el nacimiento a los 380 días de edad de terneros hijos de vacas puras (círculos) y cruzas (triángulos) pastoreando alta (línea entera) y baja (línea punteada) oferta de forraje de campo natural

porcentaje de grasa corporal se habría asociado a una mayor deposición de grasa visceral ya que el espesor de grasa subcutánea fue menor en terneros hijos de BOF-PU que en los otros tres grupos (Gutiérrez *et al.,* 2012).

Este menor PV de los ternero hijos de BOF-PU se asoció a menores concentraciones de IGF-I en sangre (Figura 4; Gutiérrez *et al.,* 2012) así como a una menor expresión de ARNm de *IGF1* en el músculo *Semitendinoso* desde el nacimiento hasta los 380 días. Por último, la expresión de ARNm del factor de transcripción – *receptor activador de la proliferación de peroxisomas-y (PPARG)* en el músculo *Semitendinoso* al nacimiento, indicador del número de adipocitos intramusculares y por lo tanto de la capacidad de marmoleo (Du *et al.,* 2010), fue mayor en terneros hijos de vacas AOF que BOF (Machado y Muzzio, 2013). Estos resultados indicarían que la oferta de forraje en interacción con el genotipo materno podría afectar el potencial de producción de carne de los terneros y ponen en manifiesto la necesidad de continuar con el estudio del impacto del sistema criador sobre el producto final.

CONCLUSIONES

La modificación de la intensidad de pastoreo y la explotación de la heterosis, permitió mejorar la respuesta productiva y reproductiva de las vacas de cría, asociadas a diferencias en los mecanismos de regulación de partición de la energía (perfil endócrino y de expresión génica en hígado). Es así que, sería posible plantear un recorrido tecnológico que permitiría mejorar los resultados físicos, económicos, la sostenibilidad ambiental y la competitividad de la producción de carne a nivel nacional

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen, por su dedicación y esfuerzo, a los estudiantes de grado de las Facultades de Agronomía y Veterinaria que llevaron adelante sus trabajos finales en el marco de este trabajo y a los funcionarios de la Estación Experimenta Bernardo Rosenghurtt. Se agradece al Frigorífico PUL SA por brindar las instalaciones para la faena de las vacas. Estos trabajos fueron realizados con fondos de INIA-FPTA#242, INIA-FPTA#262, ANII-FMV#2009-2563, CSIC-Proyectos de Iniciación

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APARICIO, I.M.; GARCIA-HERREROS, M; O'SHEA, L.C; HENSEY, C.; LONERGAN, P. AND FAIR, T. 2011. Expression, regulation, and function of progesterone receptors in bovine cumulus oocyte complexes during in vitro maturation. Biology of Reproduction 84 (5) 910-921.

ASTESSIANO, A.L. 2011. Perfiles metabólicos, endócrinos y de expresión génica hepática asociados a cambios en el balance energético de vacas de carne primíparas en condiciones de pastoreo. Tesis MSc. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.

BASSAIZTEGUY, V.; CASALA.; ASTESSIANO, A.L.; KAITAZOFF, A.; VEYGA, M.; CARRIQUIRY, M.; TRUJILLO, A.I. 2012. Hypothalamic and abomasal mRNA expression of regulatory feed intake genes in cows grazing different herbage allowances of native pastures. Journal of Animal Science 90 (Suppl. 3):567.

BERRETTA, E.; RISSO, D.; MONTOSSI, F.; PIGURINA, G. Campos in Uruguay. 2000. In: Lemaire G, Hogdson J de Moraes A, Nabinger C, Carvalho PC, eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology. New York, USA: CAB International 377-394.

BOSSIS, I.; WETTEMANN, R.P.; WELTY, S.D.; VIZCARRA, J.; SPICER, L.J. 2000. Nutritionally induced anovulation in beef heifers: Ovarian and endocrine function during realimentation and resumption of ovulation. Biology of Reproduction 62, 1436-1444.

BOTTJE, W., IQBAL, M.; TANG, Z.X.; CAWTHON D.;, OKIMOTO, R.; WING T.;, AND COOPER, M. 2002. Association of mitochondrial function with feed efficiency within a single genetic line of male broilers. Poult. Sci. 81:546-555.

BOTTJE, W.G. AND CARSTENS, G.E. 2009. Association of mitochondrial function and feed efficiency in poultry and livestock species. Journal of Animal Science 87, E48-63.

BRANSBY, D.I AND MACLAURIN A.R. 2000. Designing Animal Production Studies. In: Field and Laboratory methods for grassland and animal production research. Eds. L.Mannetje and R.M. Jones CAB International, Wallingford Oxon, UK.

BUTLER, S.T.; MARR, A.L.; PELTON, S.H.; RADCLIFF, R.P.; LUCY, M.C.; BUTLER, W.R. 2003. Insulin restores GH responsiveness during lactation-induced negative energy balance in dairy cattle: effects on expression of IGF-I and GH receptor 1A. Journal of Endocrinology 176, 205-217.

CARRIQUIRY, M.; WEBER, W.J.; FAHRENKRUG, S.C.; CROOKER, B.A. 2009. Hepatic gene expression in multiparous Holstein cows treated with bovine somatotropin and fed n-3 fatty acids in early lactation. Journal of Dairy Science 92, 4889-4900.

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.

CARRIQUIRY, M.; SOCA, P.; ESPASANDIN, A.C.; MEIKLE, A.; VIÑOLES, C.2011a. Follicular fluid composition of the preovulatory follicle in beef cows grazing different forage allowances of native pastures. Journal of Animal Science 89 (E-Suppl.1):93.

CARRIQUIRY, M.; BIALADE, F.; GRIGNOLA, M.P.; SOCA, P.; ESPASANDÍN, A.C.; VIÑOLES, C.; MEIKLE, A. 2011b. Uterine gene expression in beef cows grazing different forage allowances of native pastures. Journal of Animal Science 89(E-Suppl.1):599-600.

CASAL, A.; ASTESSIANO, A.L.; KAITAZOFF, A.; TRUJILLO, A.I.; GÓMEZ, X.; CARRIQUIRY, M. 2012. Tamaño del intestino delgado e hígado en vacas de carne pastoreando diferentes ofertas de forraje de campo natural: proliferación vs. crecimiento celular .Veterinaria (Montevideo). 48(Suppl.1):139.

CHILLIARD, Y.; BOCQUIER, F.; DOREAU, M. 1998. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. Reproduction, Nutrition, Development 38,131-52.

CHILLIARD, Y.; DELAVAUD, C.; BONNET, M. 2005. Leptin expression in ruminants: Nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. Domestic Animal Endocrinology 29, 3-22.

CONNOR, E.E.; KAHL, S.; ELSASSER, T.H.; PARKER, J.S.; LI, R.W.; VAN TASSELL, C.P.; BALDWIN, R.L.6TH; BARAO, S.M. 2010. Enhanced mitochondrial complex gene function and reduced liver size may mediate improved feed efficiency of beef cattle during compensatory growth. Functional and Integrative Genomics 10, 39-51.

CSIRO. 1994. Feeding standards for Australian livestock Ruminants. CSIRO Publications. Australia.

DICKERSON, G. E. 1978. Animal size and efficiency: basic concepts. Anim. Prod. 27:367

DU, M.; TONG, J.; ZHAO, J.; UNDERWOOD, K.R.; ZHU, M.; FORD, S.P.; NATHANIELSZ, P.W. 2010: Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. Journal of Animal Science 88:51-60.

ELSASSER, T.H.; WINKELMAN, L.A.; REYNOLDS, C.K. 2008. Limit-feeding a high-energy diet to meet energy requirements in the dry period alters plasma metabolite concentrations but does not affect intake or milk production in early lactation. J. Dairy Sci. 91:1067-79.

ESPASANDIN, A.C.; CIRIA, M.; FRANCO, J.B.; PEREYRA, F.; GIMENO, D. 2010. Heterosis and productive and reproductive performance in Angus, Hereford and F1 reciprocal crossed cows on grazing systems of Uruguay. Procedings of the XVI World Buiatrics Congress. Chile.

ESPASANDIN A.C.; DO CARMO, M.; LÓPEZ-MAZZ, C.R.; CARRIQUIRY, M.; SOCA, P. 2012. Heterosis of productivity rates in the breeding cycle of pure and crossbred Hereford and Angus cattle grazing native pastures at low and high allowances. Journal of Animal Science 90 (Suppl. 3):531.

FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. 1985. Cow type and the nutritional environment: nutritional aspects. Journal of Animal Science 61, 725-741.

FUNSTON, R.N.; LARSON, D.M.; VONNAHME, K.A. 2010: Effect of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: Implications for beef cattle production. Journal of Animal Science 88:205-215.

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. J Anim Physiol Anim Nutr. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2012.01314.

HAYDOCK, K.P.; SHAW N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 15, 663-670.

HYTTEL, P.; FAIR, T.; CALLESEN, H.; GREVE, T. 1997. Oocyte growth, capacitation and final maturation in cattle. Theriogenology 47, 23-32.

IQBAL M.; PUMFORD N.R.; TANG Z.X.; LASSITER K.; OJANO-DIRAIN C.;WING T.; COOPER M.; BOTTJE W. 2005. Compromised liver mitochondrial function and complex activity in low feed efficient broilers are associated with higher oxidative stress and differential protein expression. Poult. Sci. 84:933-941.

JENKINS, T.G.; FERRELL C.L. 1994. Productivity though weaning of nine breed of cattle under varying feed availabilities: I. Initial Evaluation. Journal of Animal Science 72:2787-2797.

JIANG, H.; LUCY, M.C.; CROOKER, B.A.; BEAL, W.E. 2005. Expression of growth hormone receptor 1A mRNA is decreased in dairy cows but not in beef cows at parturition. Journal of Dairy Science 88, 1370-1377.

KOBAYASHI, Y.; BOYD, C.K.; BRACKEN, C.J.; LAMBERSON, W.R.; KEISLER, D.H.; LUCY, M.C. 1999. Reduced growth hormone receptor (GHR) messenger ribonucleic acid in liver of periparturient cattle is caused by a specific down-regulation of GHR-1A that is associated with decreased insulin-like growth factor I. Endocrinology 140, 3947–3954.

KOCH, R.M.; DICKERSON, G. E.; CUNDIFF, L.V.; GREGORY, K. E. 1985. Heterosis retained

in advanced generations of crosses among Angus and Hereford cattle. J.Anim. 60:1117.

LAPORTA, J.; GUTIERREZ, V.; MACHADO, P.; PEREYRA, F.; LOPEZ-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. Proceedings XXVI World Buiatrics Congress. 344p.

LAPORTA, J.; ASTESSIANO, A.L.; GUTIERREZ, V.; ESPASANDÍN, A.C.; SOCA, P.; CARRIQUIRY, M. 2011a. Liver gene expression of GH-IGF1 axis and fatty acid metabolism genes of beef cows on grazing conditions I: winter-gestational period.. Journal of Animal Science 89(E-Suppl.1):599.

LAPORTA, J.; ASTESSIANO, A.L.; GUTIERREZ, V.; ESPASANDÍN, A.C.; SOCA, P.; CARRIQUIRY, M. 2011b.Liver gene expression of GH-IGF1 axis and fatty acid metabolism genes in beef cows on grazing conditions II: Peripartum and lactation period. Journal of Animal Science 89(E-Suppl.1):599.

LAPORTA J.; GREIF, G.; ZORRILLA, P.; NAYA, H.; ROSA, G.J.M.; CARRIQUIRY, M. 2011c. Functional genomics of liver in crossbred beef cows in two forage allowances during gestation and lactation period. Journal of Animal Science 89 (E-Suppl.1):444.

LAPORTA, J.; GREIF, G.; ZORRILLA, P.; NAYA, H.; ROSA, G.J.M.; CARRIQUIRY, M. 2011d. Functional genomics of liver in purebred beef cows in two forage allowances during gestation and lactation period. 2011. Journal of Animal Science 89(E-Suppl.1):595.

LOOR, J.J.; DANN, H.M.; EVERT,S R.E.; OLIVEIRA, R.; GREEN, C.A.; JANOVICK, GURETZKY, N.A.; RODRIGUEZ-ZAS, S.L.; LEWIN, H.A.; DRACKLEY, J.K. 2005. Temporal gene expression profiling of liver from periparturient dairy cows reveals complex adaptive mechanisms in hepatic function. Physiological Genomics. 23: 217-226.

MACHADO, P.;MUZZIO, C. 2013. Impacto de la nutrición materna durante la gestación sobre las características del tejido muscular en terneros hijos de vacas puras y cruzaS Tesis Grado, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay.

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. In: J. G. Buchanan-Smith, L. D. Bailey and P. McCaughey. [EDS.]. Proceeding of the XVIII International Grassland Congress, 8-19 June 1997; Winnipeg and Saskatoon, Canada. Calgary, Canada. p. 27-29.

MARTAL, J.; CHENE, N.; CAMOUS, S.; HUYNH, L. 997. Recent developments and potentialities for reducing embryo mortality in ruminants: the role of IFN-tau and other cytokines in early pregnancy. Reprod Fertil Dev 9 (3), 355-80.

MASHEK, D.G.; INGVARTSEN, K.L.; ANDERSEN, J.B.; VESTERGAARD, M.; LARSEN, T. 2001. Effects of a four-day hyperinsulinemic-euglycemic clamp in early and mid-lactation dairy cows on plasma concentrations of metabolites, hormones, and binding proteins. Domestic Animal Endocrinology 21, 169-185.

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. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production, Proceedings of the 8th International Grassland Congress.

NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition: Update 2000. Washington, D.C: National Academy Press, 234.

OJANO-DIRAIN, C.P.; PUMFORD, N.R.; TOYOMIZU, M.; BOTTJE, W.G. 2007. Association of Mitochondrial Function and Feed Efficiency. The Journal of Poultry Science 44, 221–237.

ROBERTS, A.J.; NUGENT, R.A.; KLINDT, J.; JENKINS, T.G. 1997. Circulating Insulin-like growth factor-I, insulin-like growth factor binding proteins, growth hormone, and resumption of estrus in postpartum cows subjected to dietary energy restriction. Journal of Animal Science 75, 1909-1917.

ROLFE, D.F.S.; BRAND, M.D. 1997. The Physiological Significance of Mitochondrial Proton Leak in Animal Cells and Tissues. Bioscience Reports 17, 9-16.

SANDELIN B.A.; BROWN A.H.; BROWN M.A.; OJANO-DIRAIN C.; BAUBLITS R.T. 2005. Association of Mitochondrial Function with Feed Efficiency in Angus Cattle. Arkansas Animal Science Department Report 2005.

SCARAMUZZI, R.J.; BAIRD D.T.; *ET AL.* 2011. Regulation of folliculogenesis and the determination of ovulation rate in ruminants. Reprod Fertil Dev 23, 444-67.

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. Journal of Animal Science Vol. 90, Suppl. 3. p. 502-503.

SCARSI, **M.A.** 2012. Efecto de una suplementación corta preparto en variables metabólicas, productivas y reproductivas en vacas multíparas y primíparas para carne. Tesis MSc. Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.

SCHNEIDER A.; MACHADO PFEIFER L.F.; TEIXEIRA HAX L.; PALUDO G.R.; BURKERT DEL PINO F.A.; LAURINO DIONELLO N.J.; CORRÊA M.N. 2010. Insulin-like growth factor and growth hormone receptor in postpartum lactating beef cows. Pesquisa Agropecuária Brasileira 45, 925-931.

SEAL, C.J.; REYNOLDS, C.K. 1993. Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants. Nutrition Research Reviews 6, 185-208.

SOARES, A.B.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C.; FRIZZO, A.; PINTO, C.E.; JUNIOR, J.A.F.; SEMMELMANN, C.; DA TRINDADE, J.2003. Effect of changing herbage allowance on primary and secondary production of natural pasture. In: Proceedings 7th International Rangeland Congress. Allsopp, N. et al. (eds.) Durban, South Africa.

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. F. Ciencias Agronómicas, U. de Chile. 3: 3-22.

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

STUEDEMANN, J. A. AND FRANZLUEBBERS, A. J. 2007. Cattle performance and production when grazing Bermudagrass at two forage mass levels in the southern Piedmont. Journal of Animal Science 85:1340-1350.

SUBRAMANIAN, A.; TAMAYO, P.; MOOTHA, V.K.; MUKHERJEE, S.; EBERT, B.L.; GILLETTE, M.A.; PAULOVICH, A.; POMEROY, S.L.; GOLUB, T.R.; LANDER, E.S.; ET AL. 2005. Gene set enrichment analysis: a knowledge-based approach for interpreting genome-wide expression profiles. Proc Natl Acad Sci USA. 102(43):15545-15550.

THISSEN, J.P.; KETELSLEGERS, J.M.; UNDERWOOD, L.E. 1994. Nutritional regulation of the insulin-like growth factors. Endocr Rev 15:80-101.

WATHES, D.C.; CHENG, Z.; FENWICK, M.A; FITZPATRICK, R.; PATTON, J. 2011 Influence of energy balance on the somatotrophic axis and matrix metalloproteinase expression in the endometrium of the postpartum dairy cow. Reprod. 141:269–281.

XU, D.Q.; XIONG, Y.Z.; LING, X.F.; LAN, J.; LIU, M.; DENG, C.Y.; .JIANG, S.W; Y M.G. LEI. 2005. Identification of a differential gene HUMMLC2B between F1 hybrids Landrace X Yorkshire and their female parents Yorkshire. Gene 352 118 – 126

MANEJO NUTRICIONAL ANTES DEL PARTO EN VACAS MULTÍPARAS Y PRIMÍPARAS: ENFOQUES DE UNA NUEVA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Antonia Scarsi[1]
Graciela Quintans[2]

INTRODUCCIÓN

La ganadería constituye una actividad de importancia económica y social en Uruguay estableciendo la base del sector agroexportador. El valor bruto de producción del sector alcanzó los 4.577 millones de dólares en el año 2012 (DIEA, 2012), aproximadamente 17% del PBI nacional. Además la distribución de la producción agropecuaria y los usos del suelo en el territorio marcan un neto predominio de las tierras ganaderas. Sin embargo en las últimas dos décadas se viene produciendo una intensificación del uso de la tierra, incrementándose el área forestal y agrícola exigiendo a la ganadería sistemas más productivos y sustentables (Martino *et al.,* 2008). Por otra parte esto podría ser una oportunidad ya que la agricultura genera subproductos que podrían ser utilizados como suplementos alimenticios en los sistemas pastoriles.

La reproducción es un factor importante que influye en la eficiencia productiva y económica de la producción de carne (Diskin *et al.,* 2003). La duración del anestro posparto (APP) o el intervalo parto-primera ovulación, determina la probabilidad de que la vaca se preñe y produzca un ternero por año (Short *et al.,* 1990). La nutrición y el amamantamiento son reconocidos como los factores más importantes que afectan la duración del APP (Randel 1990). Dentro de la nutrición, la preparto reflejada en la condición corporal al parto (Richards *et al.,* 1986) y la posparto (pp) afectan la duración del APP (Wettemann *et al.,* 2003). Sin embargo el impacto de la nutrición preparto y los mecanismos que influyen en el desempeño reproductivo en ganado para carne no han sido claramente dilucidados.

La cría vacuna en Uruguay se desarrolla en un ecosistema sobre pasturas nativas, con especies templadas y subtropicales (Millot *et al.,* 1987), con un bajo crecimiento invernal, valores de proteína cruda de 9 a 12% y de digestibilidad de la materia orgánica de 52 a 55% (Quintans *et al.,* 1993; Carámbula, 1996). Las fluctuaciones climáticas entre estaciones y entre años resultan en una alta variabilidad en la producción de forraje (Bronson, 1985) y ésta es una de las causas que provoca una oscilación interanual del porcentaje de preñez (64 al 83% de preñez, DIEA, 2012). Por otra parte, la baja disponibilidad de forraje en los meses invernales (Bermúdez y Ayala, 2005) no cubrirían los requerimientos nutricionales de la vaca gestante en el último tercio de gestación, dado por el crecimiento del feto, placenta, membranas fetales y tejidos uterinos (Bell, 1995; Figura 1). Un inadecuado consumo de nutrientes antes o después del parto ocasiona un detrimento en el comportamiento reproductivo a través de un aumento en la duración del anestro posparto (Perry *et al.,* 1991; Wiley *et al.,* 1991; Ciccioli *et al.,* 2003; Wettemann *et al.,* 2003 Lake *et al.,* 2005).

[1]Ing. Agr., MSc. Programa Nacional de Carne y Lana- INIA Treinta y Tres.
[2]Ing. Agr., PhD. Programa Nacional de Carne y Lana- INIA Treinta y Tres.

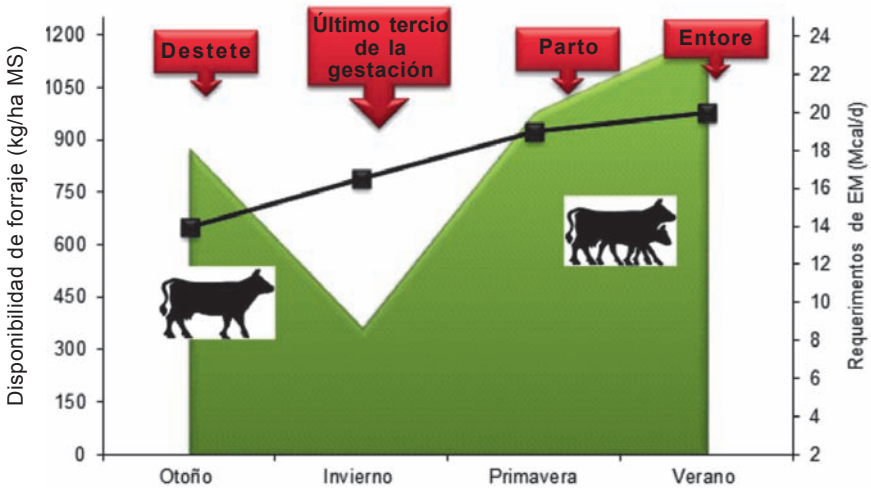


Figura 1. Evolución anual de la disponibilidad de forraje y requerimientos de energía metabolizable de una vaca de cría adulta con 450 kg de peso vivo (adaptado de Bermúdez y Ayala, 2005 y requerimientos estimados según el NRC, 2000).

Las vacas primíparas presentan anestros posparto más prolongado (aprox.120 días) que vacas multíparas (aprox 92 días) dado que, entre otras razones, aún no han completado el proceso de crecimiento (Lalman *et al.,* 2000; Quintans *et al.,* 2004).

En nuestro país existen varias alternativas alimenticias estudiadas y validadas que mejoran el comportamiento productivo general del ganado de cría. Entre ellas se encuentran la alimentación con campo natural mejorado durante la gestación y entore (Brito y Pigurina, 1996; Scaglia, 1998, entre otros), la suplementación invernal en terneras en crecimiento (Quintans *et al.,* 1993; Straumann, 2006; Quintans *et al.,* 2008, entre otros) y la suplementación estratégica durante el posparto (Pérez-Clariget *et al.,* 2007; Soca *et al.,* 2008). Sin embargo, al momento de comenzar la línea de investigación que se presentará más adelante, era escasa la información nacional que relaciona las diferentes opciones nutricionales previas al parto con los diferentes eventos (productivos y reproductivos) que se suceden en el posparto, evaluando los posibles sucesos fisiológicos y mecanismos involucrados en vacas de carne.

ANTECEDENTES

Los resultados del efecto de la mejora o incremento del nivel nutricional durante el último tercio de gestación sobre aspecto reproductivos no han sido consistentes (Fuston *et al.,* 2004; Stalker *et al.,* 2006). Existen estudios donde se encontraron aumentos en la tasa de preñez y/o disminución de la duración del anestro posparto cuando vacas primíparas fueron suplementadas con alimentos ricos en lípidos durante los últimos 65 a 21 días preparto (Lammoglia *et al.,* 1997a; Bellows *et al.,* 2001). Sin embargo, otros trabajos no encontraron un efecto de la suplementación preparto con concentrados energéticos durante los últimos 122 a 59 días de gestación sobre las respuestas reproductivas de vacas primíparas y multíparas (Corah *et al.,* 1975; Geary *et al.,* 2002; Larson *et al.,* 2009; Radunz *et al.,* 2010). Se ha reportado que la posible explicación de la falta de efecto de la mejora nutricional preparto sobre aspectos reproductivos se debió a que las vacas se encontraban en una muy buena condición corporal o a una muy buena calidad y disponibilidad del forraje ofrecido a las vacas «con-

trol» (Grings *et al.,* 2001; Alexander *et al.,* 2002). Por otra parte, Chagas *et al.* (2006) trabajando en pastoreo encontraron una disminución del período anestro posparto con una mejora de la nutrición durante los últimos 42 días de gestación en vacas lecheras con condición corporal moderada.

En nuestras condiciones, existía escasa información sobre el efecto de una mejora nutricional preparto de corta duración sobre parámetros reproductivos. Trabajando con vacas lecheras suplementadas con concentrados energéticos durante los últimos 21 días de gestación, Meikle *et al.* (2004) y Cavestany *et al.* (2009a, 2009b) encontraron que vacas multíparas ovularon 12 días más temprano pero que la duración del intervalo del anestro posparto no fue modificada en vacas primíparas. No obstante, estas estrategias tienen implícito un aumento de la concentración de energía y/o proteína en la dieta de las vacas preparto a través de uso de suplementos.

Suplementaciones de 93 a 45 días preparto no afectaron el peso vivo al nacer de los terneros y o el peso al destete (Small *et al.,* 2004; Stalker *et al.,* 2006; Larson *et al.,* 2009). Sin embargo, existen reportes de mayor peso al nacer de los terneros hijos de vacas suplementadas durante un mayor período (últimos 100 a 122 días preparto; Corah *et al.,* 1975; Houghton *et al.,* 1990; Radunz *et al.,* 2010).

En relación al efecto de una mejora alimenticia durante la gestación y su efecto en la producción de leche en vacas para carne, existen pocos reportes. Trabajos recientes (Banta *et al.,* 2006; Carriquiry *et al.,* 2009; Radunz *et al.,* 2010) no encontraron diferencias en la producción de leche entre vacas con y sin suplementación preparto. Sin embargo, reportes más antiguos observaron menores producciones de leche en vacas que se encontraban en un 70% de restricción energética en el último tercio de gestación (Corah *et al.,* 1975).

Existe información contradictoria respecto al consumo de materia seca (MS) de vacas en gestación dado que Ingvartsen *et al.* (1992) observaron que el consumo de MS disminuye 1,5% por semana durante las últimas 14 semanas de gestación en vaquillas alimentadas con dietas altas en fibra, valor que coincide con la disminución del 2% por semana durante el último mes de gestación que propone el National Research Council (NRC, 2000). Pese a ello, Stanley *et al.* (1993) en un trabajo con vacas cruza Hereford × Angus de 568 kg de PV encontraron que el consumo de MS de heno de alfalfa ofrecido «*ad libitum*» aumentó de 8,8 a 11,1 kg/d desde el día -61 hasta el día -6 (Día 0=parto).

Diskin *et al.* (2003) destacaron que no existe un nutriente específico requerido para la reproducción que no sea necesario para otras funciones fisiológicas. Por lo tanto es difícil determinar mecanismos específicos por los cuales la nutrición afecta las funciones reproductivas. Sitios potenciales de acción de la nutrición incluyen los siguientes sistemas: i) a nivel de la región preóptica-hipotalámica mediante la secreción de hormonas que controlan la secreción de las gonadotropinas y somatotropinas (Chagas *et al.,* 2007); ii) a nivel de la hipófisis anterior a través de la síntesis y secreción de la hormona folículo estimulante (FSH) y de la hormona luteinizante (LH); iii) a nivel ovárico mediante la regulación del crecimiento folicular y de la síntesis de esteroides. Sin embargo, también se ha visto que los tejidos que no componen el eje hipotálamo-hipófisis-ovario, como el hígado, el tejido adiposo y muscular, también vinculan el metabolismo y la reproducción a través de la producción de varios metabolitos y hormonas (Chagas *et al.,* 2007).

Según Blache *et al.* (2006) el regulador más poderosos de la reproducción de los animales es el estado metabólico, definido como la disponibilidad de nutrientes y energía para los tejidos. Por lo tanto las concentraciones plasmáticas de metabolitos como la glucosa, ácidos grasos no esterificados (AGNE), colesterol y urea, así como hormonas como la hormona de crecimiento (GH), insulina y del factor de crecimiento similar a la insulina tipo-I (IGF-I), han sido propuestas como señales que actúan en la interacción nutrición-reproducción (Bossis *et al.,* 2000; Diskin *et al.,* 2003; Webb *et al.,* 2004; Hess *et al.,* 2005; Castañeda-Gutiérrez *et al.,* 2009).

Como se mencionó previamente, en sistemas de producción de carne con pariciones de primavera sobre campo nativo, las vacas de cría experimentan en general períodos de balance energético negativo (BEN) durante el ciclo de gestación-lactación (Patterson *et al.,* 2003; Freetly *et al.,* 2006 y 2008). El consumo de pasturas naturales no es suficiente para cubrir los requerimientos del último tercio de gestación e inicio de lactancia (Bell, 1995), determinando una movilización de reservas y pérdidas de condición corporal (Quintans *et al.,* 2010).

La movilización de depósitos de grasa corporal, determina un incremento de AGNE en sangre que podrían ser captados por el hígado y empleados para resintetizar triacilgliceroles (TAG) o fosfolípidos y recircular como lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) u oxidarse a acetil-CoA para formar cuerpos cetónicos o producción de energía. La mayor parte de la energía obtenida de las grasas, procede la ruta de degradación más importante que es la β-oxidación, que determina la reducción progresiva de las cadenas de ácidos grasos, eliminándose dos átomos de carbono en casa paso. La primera fase de la β-oxidación es la reacción del ácido graso con la coenzima A (CoA) en presencia de ATP, formando un acil-graso-CoA (acil-CoA) que se transfiere seguidamente a la mitocondria formando un complejo con carnitina. El acil-CoA sufre una serie de reacciones y el proceso continua hasta que la cadena carbonada se convierte totalmente en acetil-CoA, que ingresa en el ciclo de Krebs para producir CO_2, agua y ATP (Schillo, 1992; McDonald *et al.,* 2006; Van Knegsel, *et al.,* 2007). Por otra parte, en períodos de BEN, la gluconeogénesis es activa e induce la disminución en los niveles de oxalacetato, impidiendo que el acetil-CoA se oxide completamente y es parcialmente oxidado a cuerpos cetónicos, especialmente a β-hidroxibutirato que es empleado como fuente de energía (McDonald *et al.,* 2006). Sin embargo, también se ha observado un aumento de los AGNE en sangre cuando las vacas son alimentadas con suplementos ricos en grasa (Grummer y Carroll, 1991). Estos alimentos producen un aumento de las VLDL y de los quilomicrones en el sistema linfático, que a su vez son hidrolizados por las enzimas (lipoproteína lipasa, LPL) que se encuentran en las paredes de los capilares liberando glicerol y AGNE. Los AGNE ingresan lentamente a las células por difusión y por lo tanto aumentan las concentraciones en sangre (Relling y Mattioli, 2003). Menores concentraciones de AGNE en el preparto han sido reportados en vacas multíparas (Quintans *et al.,* 2009) y primíparas (Chagas *et al.,* 2006; Cavestany *et al.,* 2009b) a las que se les habían proporcionado una mejora alimenticia en los últimos 42 a 21 días de gestación las mismas mejoraron la condición corporal al parto, y el desempeño reproductivo en el siguiente servicio. Por otra parte, en el ovario los AGNE pueden afectar el crecimiento y desarrollo folicular actuando directamente en las células foliculares. Estudios «*in vitro*» han encontrado que el aumento de AGNE en el líquido folicular durante el BEN tiene efectos detrimentales en la viabilidad de las células foliculares y su función (Leroy *et al.,* 2005).

El colesterol, al igual que los AGNE también aumenta en sangre debido a alimentos ricos en lípidos (Grummer y Carroll, 1988; Lammoglia *et al.,* 1996). Este metabolito, relacionado con el metabolismo lipídico, se sintetiza mayormente en el hígado y en el intestino delgado. Sin embargo, más del 90-95% del colesterol en la sangre bovina se encuentra en lipoproteínas de alta densidad (HDL; Staples *et al.,* 1998). Existen varios trabajos donde han encontrado un efecto positivo del aumento del colesterol en sangre en la esteroidogénesis y en el desarrollo folicular con suplementaciones ricas en lípidos cuando la misma se realizó en el posparto temprano (Lammoglia *et al.,* 1997b; De Fries *et al.,* 1998; Mattos *et al.,* 2000; Oliveira *et al.,* 2010). Por otra parte, en los casos en que se han reportado aumentos de colesterol en sangre en el preparto, el reinicio de la actividad ovárica (Guédon *et al.,* 1999) y el desarrollo folicular se estableció más temprano en el posparto (Oliveira *et al.,* 2010).

Durante el BEN, se han reportado (Butler, 1998) incrementos de las concentraciones de urea en sangre debido a que la misma es producto final del catabolismo de las proteínas del cuerpo, principalmente del tejido muscular. Sin embargo, la urea en san-

gre puede provenir también de la dieta. A través de la fermentación ruminal normal, las proteínas degradables en el rumen (PDR) proporcionan una fuente de amoníaco para la síntesis de proteína microbiana. Parte del amoníaco que se produce escapa a la incorporación por los microorganismos, éste se difunde a la sangre portal y se desintoxica en el hígado convirtiéndose en urea con gasto energético. La cantidad de amoníaco que se produce y la cantidad que se escapa para la conversión de la urea se reflejan directamente en la relación entre las PDR y la disponibilidad de carbohidratos fermentables para apoyar el crecimiento microbiano y la síntesis de proteína. Por otra parte la urea en sangre también puede ser producida por el hígado por la desaminación de aminoácidos provenientes de la proteína no degradada a nivel ruminal (PNDR) y proteína microbiana pero absorbida a nivel de intestino delgado (McDonald *et al.,* 2006; Butler, 1998; Sinclair *et al.,* 2000a). Soto et al. (2001) reportaron mayores concentraciones de urea en vacas primíparas suplementadas 45 días preparto respecto a las vacas control. Sin embargo, no observaron una relación con el desempeño reproductivo. Por otro lado, Cavestany et al. (2009a) trabajando con vacas multíparas lecheras suplementadas preparto reportaron una mayor concentración de este metabolito en las vacas control explicado por un catabolismo proteico con una mayor duración del anestro posparto. Desde otro punto de vista, existen trabajos que reportan un efecto negativo de altas concentraciones de urea y/o amonio en sangre en relación al desarrollo de los folículos pequeños y medianos (Sinclair *et al.,* 2000b; Armstrong *et al.,* 2001).

Numerosos estudios han demostrado la importancia de la insulina como una señal de mediación entre la ingesta de nutrientes y el metabolismo de la glucosa (Hess *et al.,* 2005). En los rumiantes, cuando aumenta la producción de ácido propiónico en relación al acético, la gluconeogénesis también se ve favorecida debido a que el ácido propiónico es precursor hepático de la síntesis de glucosa (McDonald *et al.,* 2006). Por lo tanto se eleva la glucemia y concomitantemente aumenta la libración de insulina en sangre, favoreciendo el depósito de grasa corporal y la síntesis proteica en los músculos (Relling y Mattioli, 2003). La síntesis y secreción de insulina pancreática no sólo es estimulada por los niveles sanguíneos de glucosa sino también puede ser estimulada por aminoácidos, ácidos grasos y cuerpos cetónicos (Greenstein, 1994). Además de su rol en el metabolismo de los carbohidratos, se han localizado receptores de insulina a nivel de la eminencia media del hipotálamo, región donde se produce la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH; Butler *et al.,* 2004). Otros estudios habrían postulado a la insulina como una señal metabólica que influye sobre la secreción de LH. Sin embargo estos efectos no se han observado cuando las concentraciones de insulina son elevadas en ovejas y vaquillonas con restricciones nutricionales (Schillo, 1992; Gong *et al.,* 2002). No obstante, a nivel ovárico la insulina estimula el crecimiento celular y la esteroidogénesis de las células de la teca y de la granulosa (Robinson, 1990; Sinclair *et al.,* 2002; Webb *et al.,* 2004) independientemente del efecto sobre la LH y FSH (Diskin *et al.,* 2003). McGuire *et al.* (1995) también mencionan a la insulina como una candidata en la regulación nutricional de la IGF-I y sus diferentes proteínas de unión (IGFBPs 1-6). La relación funcional entre la insulina y la hormona de crecimiento con respecto a la reproducción parece ser de naturaleza anabólica. Por lo tanto, la insulina tiene un papel importante en la dirección de eventos metabólicos críticos para el eje reproductivo (Hess *et al.,* 2005).

Al igual que muchos estudios han vinculado a la insulina con el desempeño reproductivo, cada vez hay más trabajos que vinculan los cambios nutricionales con las concentraciones de IGF-I a nivel sistémico y la actividad ovárica (Webb *et al.,* 2004). El hígado puede considerarse como el primer regulador e integrador del estado metabólico de los animales y el principal sitio de síntesis de IGF-I, en respuesta a la unión de GH con su receptor (GHR; Bauman, 2000). Generalmente las hormonas GH e IGF-I se encuentran asociadas directa y positivamente (Ryan *et al.,* 1994). Sin embargo, con el establecimiento del BEN durante el periparto

en las vacas lecheras, se ha observado que antes de la parición la GH en sangre aumenta y la IGF-I disminuye; constituyendo el desacople hormonal característico de la partición de nutrientes para producción de leche (Kobayashi *et al.,* 2002; Rhoads et al. 2004; Meikle *et al.,* 2004; Velazquez *et al.,* 2008). Este desacople ha sido extensivamente estudiado en vacas lecheras en estabulación y alimentadas en base a raciones totalmente mezcladas. Sin embargo, existen reportes en vacas para carne que muestran aumentos de las concentraciones y/o disminución de la IGF-I en lactación temprana dependiendo de la producción de leche (Spicer *et al.,* 2002; Lake et al., 2006; Schneider *et al.,* 2010; Laporta, 2011).

Por todo lo expuesto anteriormente, en el año 2007 se comenzó en INIA Treinta y Tres una línea de investigación donde el objetivo era generar información sobre el efecto de la nutrición preparto sobre la duración del anestro posparto asociado a señales metabólicas en el último tercio de gestación e inicio de la lactancia en vacas para carne adultas y de primera cría. Para ello se trabajó con diferentes concentrados y también con altas asignaciones de pasturas. En esta oportunidad se presentarán seis trabajos, dos realizados con suplementaciones cortas preparto en vacas multíparas (Experimentos 1 y 2) y dos experimentos realizados con suplementaciones cortas previo al parto en vacas de primera cría (Experimentos 1 y 2). También se presentarán los dos trabajos realizados con diferentes asignaciones de forraje de campo natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, B.M.; HESS, B.W.; HIXON, D.L.; GARRETT, B.L.; RULE, D.C.; MCFARLAND, M.; BOTTGER, J.D.; SIMMS, D.D.; MOSS, G.E. 2002. Influence of pre-partum fat supplementation on subsequent beef cow reproduction and calf performance. The Professional Animal Science 18(4):351-357.

ARMSTRONG, D.G.; MCEVOY, T.G.; BAXTER, G.; ROBINSON, J.J.; HOGG, C.O.; WOAD, K.J.; WEBB, R.; SINCLAIR, K. D. 2001. Effect of dietary energy and protein on bovine follicular dynamics and embryo production In Vitro: Associations with the ovarian insulin-like growth factor system. Biology of Reproduction 64(6):1624-1632.

BANTA, J.P.; LALMAN, D.L.; OWENS, F.N.; KREHBIEL, C.R.; WETTEMANN, R.P. 2006. Effects of interval-feeding whole sunflower seeds during mid to late gestation on performance of beef cows and their progeny. Journal of Animal Science 84(9):2410-2417.

BAUMAN, D.E. 2000. Regulation of nutrient partitioning during lactation: homeostasis and homeorhesis revisited. En: Cronjé, P.B. (eds.). Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction New York, NY: CAB Publishing. p.311-327.

BELL, A.W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. Journal of Animal Science 73 (9):2804-2819.

BELLOWS, R.A.; GRINGS, E.E.; SIMMS, D.D.; GEARY, T.W.; BERGMAN, J.W. 2001. Effects of feeding supplemental fat during gestation to first-calf beef heifers. The Professional Animal Scientist 17(1): 91-89.

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).

BLACHE, D.; CHAGAS, L.M.; MARTIN, G.B. 2006. Nutritional inputs into the reproductive neuroendocrine control system – a multidimensional perspective. Reproduction in Domestic Ruminants 6(1):123-139.

BOSSIS, I.; WETTEMANN, R.P.; WELTY, S.D.; VIZCARRA, J.; SPICER, L.J. 2000. Nutritionally induced anovulation in beef heifers: Ovarian and endocrine function during realimentation and resumption of ovulation. Biology of Reproduction 62(5):1436-1444.

BRITO, G.; PIGURINA, G. 1996. Condición corporal durante el entore. En: Jornada Unidad Experimental La Magnolia.

Sistema ganadero «La Magnolia» Tacuarembó: INIA. p. 26-27. (Actividades de Difusión; 105).

BRONSON, F.H. 1985. Mammalian Reproduction: An ecological perspective. Biology of Reproduction 32(1):1-26.

BUTLET, B.T.; PELTON, S.H.; BUTLER, W.R. 2004. Insulin increases 17 beta-estradiol production by the dominant follicle of the first postpartum follicle wave in dairy cows. Reproduction 127(5):537-545.

BUTLER, W.R. 1998. Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. Journal of Dairy Science 81(9):2533-2539.

CARÁMBULA, M. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo. Montevideo: Hemisferio Sur. 524 p.

CARRIQUIRY, M.; ROIG, G.; BANCHERO, G.; QUINTANS, G. 2009. Effect of Short-term prepartum supplementation on milk production and calf performance of multiparous beef cows on grazing conditions. Journal of Animal Science 87(E-Suppl 2):76-77M238.

CASTAÑEDA-GUTIÉRREZ, E.; PELTON S.H.; GILBERT, R.O.; BUTLER W.R. 2009. Effect of peripartum dietary energy supplementation of dairy cows on metabolites, liver function and reproductive variables. Animal Reproduction Science 112(3-4):301-315.

CAVESTANY, D.; KULCSÁR, M.; CRESPI, D.; CHILLIARD, Y.; LA MANNA, A.; BALOGH, O.; KERESZTES, M.; DELAVAUD, C.; HUSZENICZA, G. 2009a. Effect of prepartum energetic supplementation on productive and reproductive characteristics, and metabolic and hormonal profiles in dairy cows under grazing conditions. Reproduction in Domestic Animals 44(4):663-671.

CAVESTANY, D.; VIÑOLES, C.; CROWE, M.A.; LA MANNA, A.; MENDOZA, A. 2009b. Effect of prepartum diet on postpartum ovarian activity in Holstein cows in a pasture-base dairy system. Animal Reproduction Science 114(1):1-13.

CHAGAS, L.M.; RHODES, F.M.; BLACHE, D.; GORE, P.J.S.; MACDONALD, K.A.; VERKERK, G.A. 2006. Precalving effects on metabolic responses and postpartum anestrus in grazing primiparous dairy cows. Journal of Dairy Science 89(6):1981-1989.

CHAGAS, L.M.; BASS, J.J.; BLACE, D.; BURKE, C.R.; KAY, J.K.; LINDSAY, D.R.; LUCY, M.C.; MARTIN, G.B.; MELER, S.; RHODES, F.M.; ROCHE, J. R.; THATCHER, W.W.; WEBB, R. 2007. Invited Review: new perspectives on the roles of nutrition and metabolic priorities in the subfertility of high-producing dairy cows. Journal of Dairy Science 90(9):4022-4032.

CICCIOLI, N.H.; WETTEMANN, R.P.; SPICER, L.J.; LENTS, C.A; WHITE, F.J.; KEISLER, D.H. 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(12):3107-3120.

CORAH, L.R.; DUNN, T.G.; KALTENBACH, C.C. 1975. Influence of prepartum nutrition on the reproductive performance of beef females and the performance of their progeny. Journal of Animal Science 41(3):819-824.

DE FRIES, C.A.; NEUENDORFF, D.A.; RANDEL, R.D. 1998. Fat supplementation influences postpartum reproductive performance in Brahman Cows. Journal of Animal Science 76(3):864-870.

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.

DISKIN, M.G.; MACKEY, D.R.; ROCHE, J.F.; SREENAN, J.M. 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. Animal Reproduction Science 78(3):345-370.

FREETLY, H.C.; NIENABER, J.A.; BROWN-BRANDL, T. 2006. Partitioning of energy during lactation of primiparous beef cows. Journal of Animal Science 84(8):2157-2162.

FREETLY, H.C.; NIENABER, J.A.; BROWN-BRANDL, T. 2008. Partitioning of energy in pregnant beef cows during nutritionally induced body weight fluctuation. Journal of Animal Science 86(2): 370-377.

FUNSTON, R. N. 2004. Fat supplementation and reproduction in beef females. Journal Animal Science 82(Suppl. 13):E154-161.

GEARY, T. W.; GRINGS, E.E.; MACNEIL, M.D.; KEISLER, D.H. 2002. Effects of feeding high linoleate safflower seeds prepartum on leptin concentration, weaning, and re-breeding performance of beef heifers. Western Section of Animal Science Proceedings. 53:425-427.

GREENSTEIN, B. 1994. Endocrinology at a glance. London: Blackwell Science. 109 p.

GRINGS, E.E.; SHORT, R.E.; BLUMMEL, M.; MACNEIL, M.D.; BELLOWS, R.A. 2001. Prepartum supplementation with protein or fat and protein for grazing cows in three seasons of calving. Western Section of Animal Science Proceedings 52:501-504.

GRUMMER, R.R.; CARROLL, D.J. 1988. A review of lipoprotein cholesterol metabolism: importance to ovarian function. Journal of Animal Science 66(12):3160-3173.

GRUMMER, R.R.; CARROLL D.J. 1991. Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. Journal of Animal Science 69(9): 3838-3852.

GUÉDON, L.; SAUMANDE, J.; DUPRON, F.; COUQUET, C.; DESBALS, B. 1999. Serum Cholesterol and Thiglycerides in postpartum beef cows and their relationship to the resumption of ovulation. Theriogenology 51(7):1405-1415.

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(Suppl 13): E90-E106.

HOUGHTON, P.L.; LEMENAGER, R.P.; HORSTMAN, A.; HENDRIX, K.S.; MOSS, G.E. 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(5):1438-1446.

INGVARTSEN, K.L.; ANDERSEN, H.R.; FOLDAGER J. 1992. Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. Acta Agriculturae Scandinavica, (Sec. A). 42:40-46.

KOBAYASHI, Y.; BOYD, C.K.; MCCCORMACK, B.L.; LUCY, M.C. 2002. Reduced insulin-like growth factor-I after acute feed restriction in lactating dairy cows is independent of changes in growth hormone receptor 1A mRN. Journal of Dairy Science 85(4):748-754.

LAKE, S.L.; SCHOLLJEGERDES, E.J.; HALLFORD, D.M.; MOSS, G.E.; RULE, D.C.; HESS, B.W. 2006. Effects of body condition score at parturition and postpartum supplemental fat on metabolite and hormone concentrations of beef cows and their suckling calves. Journal of Animal Science 84(4): 1038-1047.

LAKE, S. L.; SCHOLLJEGERDES, E. J.; ATKINSON, R. L.; NAYIGIHUGU, V.; PAISLEY, S. I.; RULE, D. C.; MOSS G. E.; ROBINSON T. J.; HESS, B. W. 2005 Body condition score at parturition and postpartum supplemental fat effects on cow and calf performance. Journal of Animal Science. 83(12):2908-2917.

LALMAN, D.L.; WILLIAMS, J.E.; HESS, B.W.; THOMAS, M.G.; KEISLER, D.H. 2000. Effect of dietary on milk production and metabolic hormones in thin, primiparous beef heifers. Journal of Animal Science 78(3):530-538.

LAMMOGLIA, M.A.; WILLARD, S.T.; OLDHAM, J.R.; RANDEL, R.D. 1996. Effects of dietary fat and season on steroid hormonal profiles before parturition and hormonal cholesterol, triglycerids, follicular patterns, and postpartum reproduction in Brahamn cows. Journal Animal Science 74(4):2253-2262.

LAMMOGLIA, M.A.; WILLARD, S.T.; HALLFORD, D.M.; RANDEL, R.D. 1997a. Effects of dietary fat on follicular development and circulating concentrations of lipids, insulin, progesterone, estradiol-17 beta, 13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin F(2 alpha), and growth hormone in estrous cyclic Brahman cows. Journal of Animal Scince 75(6):1597-1600.

LAMMOGLIA, M.A.; BELLOWS, R.A.; GRINGS, E.E.; BERGMAN, W.; SHORT, R.E.; MACNEIL M. D. 1997b. Effects of dietary fat composition and content, breed and calf sex on birth weight, dystocia, calf vigor and postpartum reproduction in first calf beef heifers. Journal of Animal Science 75(Suppl. 1):117.

LAPORTA, J. 2011. Aspectos moleculares de los mecanismos involucrados en la interacción en la interacción nutrición-reproducción en bovinos de carne de diferente tipo genético. Tesis Magister en Ciencias Animal, Montevideo, Uruguay: Facultad de Agronomía. 140 p.

LEROY, J.L.M.R.; VANHOLDER, T.; MATEUSEN, B.; CHRISTOPHE, A.; OPSOMER, G.; DE KRUIF, A.; GENICOT, G.; VAN SOOM, A. 2005. Non-esterified fatty acids in follicular fluid of dairy cows and their effect on developmental capacity of bovine oocytes *in vitro*. Reproduction 130(4):485-495.

MARTINO, D.; METHOL, M.; OLEAGA, A.O.; PIRELLI, H.; RODRÍGUEZ, VIDAL, L.; ACOSTA, P.; GARCÍA-PRÉCHAC, F.; GORFINKIEL, D.; KINDGARD, A. 2008. [En Línea]. Cambio del uso de la tierra. En: GeoUruguay. Informe del Estado del Ambiente. Diciembre 2011. Consultado 3 jul. 2013. Disponible en:http://www.ambiental.net/noticias/reportes/GeoUruguay2008ResumenEjecutivo.htm.

MATTOS, R.; STAPLES C.R.; THATCHER W.W. 2000. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. Reviews of Reproduction 5(1):38-45.

MCDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENGHALG, J.F.D.; MORGAN, C.A. 2006. Nutrición Animal. 6ta ed. Zaragoza, España: Acribia. 587 p.

MCGUIRE, M.A.; DWYER, D.A.; HARRELL, R.J.; BAUMAN, D.E. 1995. Insulin regulates circulating insulin-like growth factors and some of their binding proteins in lactating cows. American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism 269(4): E723-730.

MEIKLE, A.; KULCSAR, M.; CHILLIARD, Y.; FEBEL, H.; DELAVAUD, C.; CAVESTANY, D.; CHILIBROSTE, P. 2004. Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. Reproduction 127(6):727-737.

MILLOT, J.C.; RISSO, D.; METHOL, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Montevideo: Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. 195 p.

NRC, 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7a. ed. rev. Update 2000. Washington, DC.: National Academies Press. 232p.

OLIVEIRA FILHO, B.D.; TONIOLLO, G.H.; OLIVEIRA, A.F.D.; VIU, M.A.O.; FERRAZ, H.T.; LOPES, D.T.; GAMBARINI M.L. 2010. The effect of offering an energy and protein supplement to grazing chanchim beef cows either postpartum or both pre- and postpartum on lipid blood metabolites and folliculogenesis. Animal Reproduction Science 121(1):39-45.

PATTERSON, H.H.; KLOPFNSTEIN, T.J.; ADAMS, D.C.; MUSGRAVE, J.A. 2003. Supplementation to meet metabolizable protein requirements of primiparous beef heifers: I. Performance, forage intake, and nutrient balance. Journal of Animal Science 81(3):800-811.

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):114-119.

PERRY, R.C.; CORAH, L.R.; COCHRAN, R.C.; BEAL, W.E.; STEVENSON, J.S.; MINTON, J.E.; SIMMS, D.D.; BRETHOUR, R. 1991. Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotropins, and first postpartum ovulation in suckled beef cows. Journal of Animal Science 69(9):3762-3773.

QUINTANS, G.; VAZ MARTINS, D.; CARRIQUIRY, E. 1993. Efecto de la suplementación invernal sobre el comportamiento de terneras. En: Mas, C.; Carámbula, M.; Bermúdez, R.; Ayala, W.; Carriquiry, E.; Vaz Martinz, D.; Quintans, G.; Bonilla, O. (eds.). Campo natural: estrategia invernal manejo y suplementación. Treinta y Tres: INIA. p. 35-53 (Serie Actividades de Difusión; 49).

QUINTANS, G.; VIÑOLES, C.; SINCLAIR, K.D. 2004. Follicular growth and ovulation in postpartum beef cows following calf removal and Gnrh treatment. Animal Reproduction Science. 80(1):5-14.

QUINTANS, G.; SCARSI, A.; LÓPEZ, C.; PEREYRA, F. 2008. Manejo nutricional en el primer invierno y manejos diferenciales para alcanzar similar peso

vivo en otoño. Efecto en la aparición de la pubertad (cuarto año de evaluación). En: Seminario de Actualización Técnica (2008, Treinta y Tres). Cría Vacuna. Treinta y Tres: INIA. p90-109 (Serie Técnica; 174).

QUINTANS, G.; BANCHERO, G.; ROIG, G.; CARRIQUIRY, M. 2009. Effect of short-term prepartum supplementation on reproduction of multiparous beef cows on grazing conditions. Journal of Animal Science 87 (Suppl 2):76 M236.

QUINTANS, G.; BANCHERO, G.; CARRIQUIRY, M.; LÓPEZ, C.; BALDI, F. 2010. Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. Animal Production Science 50(10):931-938.

RADUNZ, A.E.; FLUHARTY, F.L.; DAY, M.L.; ZERBY, H.N.; LOERCH, S.C. 2010. Prepartum dietary energy source fed to beef cows: I. Effects on pre- and postpartum cow performance. Journal of Animal Science 88(8):2717-2728.

RANDEL, R.D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. Journal of Animal Science 68(3):853-862.

RELLING, A.E.; MATTIOLI, G.A. 2003. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. La Plata, Buenos Aires: Edulp. 72 p.

RHOADS, R.P; KIM, J.W; LEURY, B.J; BAUMGARD, L.H; SEGOALE, N; FRANK, S.J; BAUMAN, D.E; BOISCLAIR, Y.R. 2004. Insulin increases the abundance of the growth hormone receptor in liver and adipose tissue of periparturient dairy cows. Journal of Nutrition 134(5):1020-1027.

ROBINSON, J. J. 1990. Nutrition in the reproduction of farm animals. Nutrition Research Reviews 3(1):253-276.

RYAN, D.P.; SPOON, R.A.; GRIFFTH, M.K.; WILLIAMS, G.L. 1994. Ovarian follicular recruitment, granulosa cell steroidogenic potential and growth hormone/insulin-like growth factor-I relationships in suckled beef cows consuming high lipid diets: effects of graded differences in body condition maintained during the puerperium. Domestic Animal Endocrinology 11(2):161-174.

SCAGLIA, G. 1998. Suplementación invernal de vacas de cría en gestación pastoreando campo natural. Montevideo: INIA. p. 21-37. (Serie Actividades de Difusión; 172).

SCHILLO, K.K. 1992. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormonal secretion in cattle and sheep. Journal of Animal Science 70(5):1271-1282.

SCHNEIDER, A.; MACHADO, L.F.; TEIXEIRA, L.; PALUDO, G.R.; BURKERT DEL PINO, F.A.; LAURINO, N.J.; CORRÊA, M.N. 2010. Insulin-like growth factor and growth hormone receptor in postpartum lactating beef cows. Pesquisa Agropecuária Brasileira 45(8):925-931.

SHORT, R.E.; BELLOWS, R.A.; STAIGMILLER, R.; BERARDINELLI, J.G.; CUSTER, E.E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. Journal of Animal Science 68(3):799-816.

SINCLAIR, K.D.; SINCLAIR, L.A.; ROBINSON, J.J. 2000a. Nitrogen metabolism and fertility in cattle: I. Adaptive changes in intake and metabolism to diets differing in their rate of energy and nitrogen release in the rumen. Journal of Animal Science 78(10):2659-2669.

SINCLAIR, K.D.; KURAM, M.; GEBBIE, F.E.; WEBB, R.; MCEVOY, T.G. 2000b. Nitrogen metabolism and fertility in cattle: II. Development of oocytes recovered from heifers offered diets differing in their rate of nitrogen release in the rumen1. Journal of Animal Science 78(10):2670-2680.

SINCLAIR, K.D.; MOLLE, G.; REVILLA, R.; ROCHE, J.F.; QUINTANS, G.; MARONGIU, L.; SANZ, A.; MACKEY, D.R.; DISKIN, M.G. 2002. Ovulation of the first dominant follicle arising after day 21 post partum in suckling beef cows. Animal Science 75 (1):115-126.

SMALL, W.T.; PAISLEY, S.I.; HESS, B.W.; LAKE, S.L.; SHOLLJERGERDES, E.J.; REED, T.A.; BELDEN, E.L.; BARTLE, S. 2004. Supplemental fall in limit-fed, high grain perpartum diets of beef cows: effects on cow weight gain, reproduction, and calf health, immunity and performance. Western Section, American Society of Animal Science Proceedings 55(1):45-52.

SOCA, P.M.; 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. Facultad de Ciencias

Agronómicas Universidad de Chile. 32(1):3-22.

SOTO, R.; RUBIO, I.; GALINA, C.S.; CASTILLO, E.; ROJAS, S. 2001. Effect of Pre- and Post-Partum Feed Supplementation on the Productive and Reproductive Performance of Grazing Primiparous Brahman Cows. Tropical Animal Health and Production 33(3):253-264.

SPICER, L.J.; CHASE JR., C.C.; RUTTER, L. M. 2002. Relationship between serum insulin-like growth factor-I and genotype during the postpartum interval in beef cows. Journal of Animal Science 80(3):716-722.

STALKER, L.A.; ADAMS, D.C.; KLOPFENSTEIN, T.J.; FEUZ, D.M.; FUNSTON, R.N. 2006. Effects of pre- and postpartum nutrition on reproduction in spring calving cows and calf feedlot performance. Journal of Animal Science 84(9):2582-2589.

STANLEY, T.A.; COCHRAN, R.C.; VANZANT, E. S.; HARMON, D.L.; CORAH, L.R.1993. Periparturient Changes in Intake, Ruminal Capacity, and Digestive Characteristics in Beef Cows Consuming Alfalfa Hay. Journal of Animal Science 71(3):788-795.

STAPLES, C.R.; BURKE, J.M.; THATCHER, W.W. 1998. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performances of lactating cows. Journal Dairy Science 81 (3):856-871.

STRAUMANN, J. M. 2006. Efecto del manejo nutricional en el primer invierno sobre la aparición de la pubertad en terneras de raza carnicera. Primer año de evaluación. Tesis Ing. Agr. Montevideo: Facultad de Agronomía. 126 p.

VAN KNEGSEL, A.T.M.; VAN DEN BRAND, H.; GRAAT, E.A.M.; DIJKSTRA, J.; JORRITSMA, R.; DECUYPERE, E.; TAMMINGA, S.; KEMP B. 2007. Dietary energy source in dairy cows in early lactation: Metabolites and metabolic hormones. Journal of Dairy Science 90(3):1477-1485.

VELAZQUEZ, M.A.; SPICER, L.J.; WATHES, D.C. 2008. The role of endocrine insulin-like growth factor-I (IGF-I) in female bovine reproduction. Domestic Animal Endocrinology 35(4):325-342.

WEBB, R.; GARNSWORTHY, P.C.; GONG, J.G.; ARMSTRONG D.G. 2004. Control of follicular growth: Local interactions and nutritional influences. Journal of Animal Science (Suppl 13):E63-74.

WETTEMANN, R.P.; LENTS, C.A.; CICCIOLI, F.J.; WHITE, F.J.; RUBIO, I. 2003. Nutritional-and suckling-mediated anovulation in beef cows. Journal of Animal Science 81 (Suppl 2):E48-59.

WILEY, J.S.; PETERSEN, M.K.; ANSOTEGUI, R.P.; BELLOWS, R.A. 1991. Production from first-calf beef heifers fed a maintenance or low level of prepartum nutrition and ruminally undegradable or degradable protein postpartum. Journal of Animal Science 69(11):4279-4293.

SUPLEMENTACIÓN DE CORTA DURACIÓN ANTES DEL PARTO EN VACAS MULTÍPARAS

Antonia Scarsi[1], José I. Velazco[2]
Mariana Carriquiry[3], Georgget Banchero[4]
Graciela Quintans[5]

RESUMEN

Se evaluaron los efectos de una suplementación corta preparto sobre variables productivas, metabólicas y reproductivas en vacas multíparas en dos experimentos. Vacas cruza Aberdeen Angus × Hereford fueron asignadas a 2 tratamientos a los 60 días preparto (Día 0= parto): 1) vacas pastoreando campo natural (CON); 2) vacas pastoreando campo natural y suplementadas (SUP) con 1 kg/100 kg PV de una mezcla de grano de sorgo y concentrado proteico durante 33 días antes del parto (Exp.1; n= 35) o con afrechillo de arroz durante 40 días antes del parto (Exp. 2; n= 26). Se registró el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC). Las vacas fueron sangradas semanalmente desde el día -42 hasta fin de entore para evaluar ácidos grasos no esterificados (AGNE), colesterol y progesterona en ambos experimentos y urea en el Exp. 2. Se estimó el período de anestro posparto (APP), parto-concepción, % de vacas ciclando a los 90 días posparto y porcentaje de preñez. En el Exp.1 las vacas SUP tendieron (P= 0,08) a presentar mayor CC que las CON desde el día -14 hasta el día 42. Las concentraciones de AGNE fueron mayores (P<0,01) en vacas CON respecto a las vacas SUP en el preparto y luego similar en ambos grupos de vacas. Las vacas SUP tendieron (P= 0,08) a presentar un mejor desempeño reproductivo (mayor % de vacas ciclando a los 90 días pp, mayor % de preñez y menor duración del periodo parto-concepción). En el Exp. 2 las vacas SUP a parieron con una mayor (P<0,05) CC, presentaron mayores concentraciones de colesterol y menores concentraciones de urea en el preparto que las vacas CON. Las vacas SUP presentaron menor (P<0,05) duración del APP y del período parto-concepción. En estos experimentos y bajo las condiciones de los mismos, la suplementación de corta duración antes del parto modificó algunos perfiles metabólicos e incrementó el desempeño reproductivo.

Palabras clave: suplementación preparto, anestro, vacas multíparas

ABSTRACT

In this study it was evaluated, through two experiments, the effects of a short-term supplementation before parturition in multiparous cows on productive, metabolic and reproductive parameters. Sixty days before parturition, Aberdeen Angus x Hereford cows were assigned to two treatments (Day 0= parturition): 1) cows grazing native pastures (CON), 2) cows grazing native pastures and supplemented with 1 kg/100 kg body weight (BW) of a mix of sorghum grain and protein concentrated during 33 days before parturition (Exp. 1, n= 35) or with 1kg/100 kg BW of whole-rice bran during 40 days before parturition (Exp 2, n= 6). Live weight (LW) and body condition scored (BCS) was registered. Cows

[1]Ing. Agr., MSc. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[2]Ing. Agr. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[3]Ing. Agr., Ph.D. Departamento Producción Animal. Área Nutrición Animal. Facultad de Agronomía.
[4]D.M.V., Ph.D. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA La Estanzuela.
[5]Ing. Agr., Ph.D. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.

were bled weekly from Day -42 until the end of the mating period for analysis of non-esterified fatty acids (NEFA), cholesterol and progesterone in both experiments and urea in Exp 2. The post-partum anoestrous period (PPA), period calving-conception, percentage of cycling cows at Day 90 and pregnancy rate were determined.
SUP cows of Exp 1 tended (P=0.08) to have greater BCS respect to CON cows, from Day -14 to Day 42. NEFA concentrations were greater (P<0.01) in CON cows than in SUP cows during the prepartum period, but after calving this difference disappeared. SUP cows tended (P= 0.08) to have higher reproductive performance respect to CON cows (greater % of cycling cows at Day 90; greater pregnancy rate and shorter period parturition-conception). In Exp. 2, SUP cows calve with greater (P<0.05) BCS and had greater cholesterol and lower urea concentrations during the prepartum period respect to CON cows. Also, SUP cows presented shorter (P<0.05) PPA and period parturition-conception. In these experiments and under their conditions, a short term supplementation before calving modified some metabolic profiles and increase reproductive performance.

Key words: prepartum supplementation, anoestrous, multiparous cows

INTRODUCCIÓN

La reproducción es un factor importante que influye en la eficiencia productiva y económica de los sistemas criadores (Bellows *et al.,* 2002). La duración del anestro posparto (APP) o el intervalo parto-primera ovulación, determina la probabilidad de que la vaca se preñe y produzca un ternero por año (Short *et al.,* 1990). La nutrición y el amamantamiento son reconocidos como los factores más importantes que afectan la duración del APP (Randel 1990). Dentro de la nutrición, la preparto reflejada en la condición corporal (CC) al parto (Richards *et al.,* 1986) y la posparto (pp) afectan la duración del APP (Wettemann *et al.,* 2003). Sin embargo en nuestras condiciones existe escasa información sobre el impacto de la nutrición preparto en el desempeño reproductivo en ganado para carne.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar, en vacas multíparas, el efecto del aumento en la disponibilidad de nutrientes, a través de una suplementación en los últimos 40 días de gestación, sobre la duración del anestro posparto. Varias variables fueron evaluadas como por ejemplo peso vivo, condición corporal, perfiles hormonales y metabólicos y la producción de leche.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en la «Unidad Experimental Palo a Pique» de INIA Treinta y Tres (33°S, 56°W) con vacas multíparas cruza Aberdeen Angus x Hereford. El Experimento 1 fue realizado durante julio 2007 a marzo 2008 y el Experimento 2 se llevó a cabo de julio 2008 a marzo 2009.

Procedimiento Experimental

El diseño experimental fue similar en ambos experimentos (Figura 1). Con la información de la fecha probable de parto, peso, CC y edad (Cuadro 1) se seleccionaron 56 vacas en el Experimento 1 y 35 vacas en el Experimento 2 y se las asignaron al azar a dos tratamientos: i) vacas pastoreando campo natural (CON) y ii) vacas pastoreando campo natural y suplementadas (SUP) con 1 kg/100 kg PV. En el Experimento 1 la suplementación duró 33 ± 6 días (media ± desvío) y la misma fue de una mezcla de grano de sorgo y un núcleo proteico en una relación 3:1,5 kg en base fresca (Cuadro 1). En el segundo año el período de suplementación fue de 40 ± 6 días previo al parto y el suplemento fue afrechillo de arroz entro (Cuadro 1).

Una vez paridas, (parto = día 0 pp) y teniendo en cuenta la dispersión real de las fechas de parto, el número final de vacas empleado para el Experimentos 1 fue de 35 (CON= 17 y SUP=18) y el número final de animales utilizados en el Experimento 2 fue de 26 resultando 13 vacas por tratamiento.

En cada experimento las vacas fueron manejadas de forma conjunta en el mismo potrero con campo natural (Cuadro 2) con

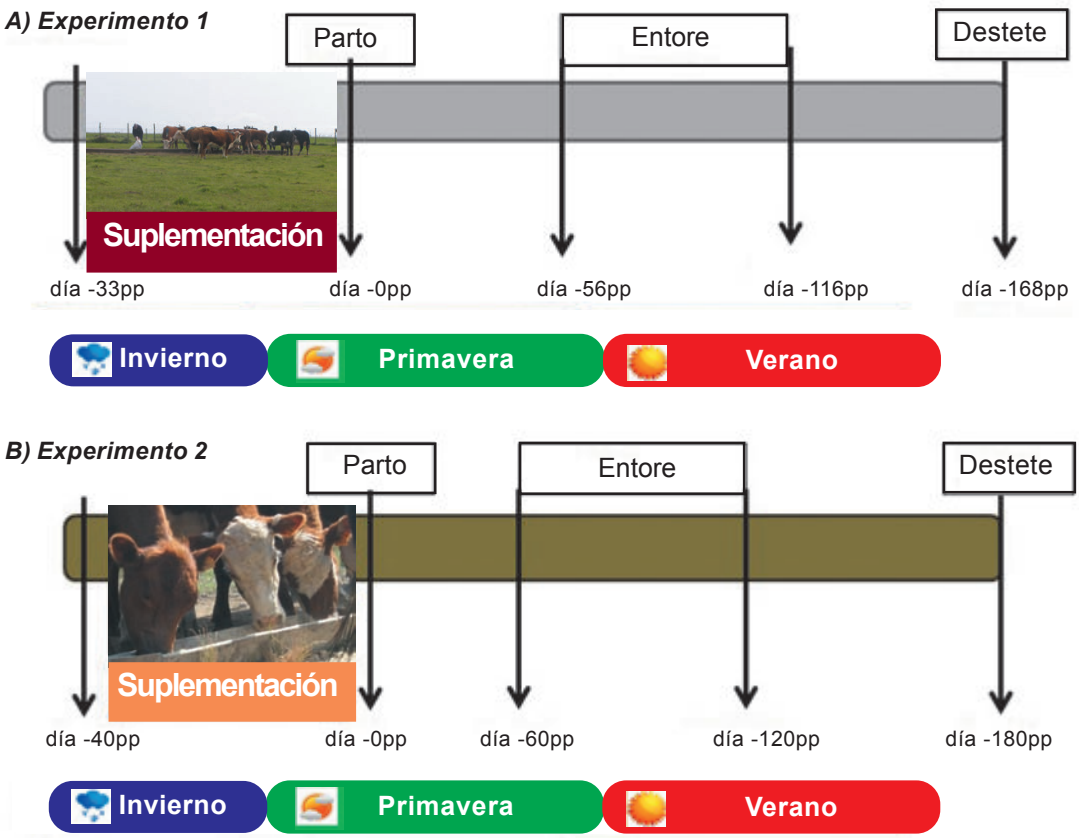


Figura 1. A) Procedimiento experimental del Experimento 1 de vacas suplementadas preparto con grano de sorgo más núcleo proteico, B) Procedimiento experimental del Experimento 2 de vacas suplementadas preparto con afrechillo de arroz entro (pp = posparto).

Cuadro 1. Caracterización general de las vacas seleccionadas (media ± desvío) y características nutricionales de los suplementos utilizados en los Experimentos 1 y 2

	Experimento 1	Experimento 2
Animales		
Número de vacas	35	26
Peso vivo (kg)	499 ± 59	476 ± 36
Condición Corporal (unidades)	5,2 ± 0,3	4,5 ± 0,3
Edad (años)	7 ± 2	6 ± 2
Suplementos	**Sorgo + Núcleo Proteico**	**Afrechillo de Arroz**
Materia seca (MS %)	88	89
Composición Química (base seca)		
Proteína cruda (PC %)	18,0	15,2
Fibra detergente ácido (FDA %)	11,8	13,8
Fibra detergente neutro (FDN %)	19,3	31,7
Extracto etéreo (EE %)	2,7	18,0
Ceniza (C%)	1,3	10,5
EM (Mcal/kg MS)	3,3	3,20

EM*: estimación de la energía metabolizable, NRC 1996.

Cuadro 2. Disponibilidad y composición química de campo natural en el Experimento 1 y Experimento 2

	Experimento 1	Experimento 2
Campo Natural		
Fin de Invierno (-40 a 0 días pp)		
Disponibilidad de forraje (kg/ha MS)	773	1169
Altura (cm)	4,3	4,1
Asignación de forraje (kg MS/100 PV)	7,0	8,1
Composición Química (base seca)		
Proteína cruda (PC %)	9,33	11,3
Fibra detergente ácido (FDA %)	42,9	44,5
Fibra detergente neutro (FDN %)	68,6	68,0
NDT (%)	58,4	57,1
EM (Mcal/kg MS)	2,15	2,10
Primavera (0 a 99 días pp)		
Disponibilidad de forraje (kg/ha MS)	1113	1178
Altura (cm)	5,7	2,2
Asignación de forraje (kg MS/100 PV)	12	8,2
Composición Química (base seca)		
Proteína cruda (PC %)	10,3	8,9
Fibra detergente ácido (FDA %)	42,1	38,0
Fibra detergente neutro (FDN %)	65,0	66,0
NDT (%)	59,0	62,3
EM (Mcal/kg MS)	2,17	2,29
Verano (99 a 168 días pp)		
Disponibilidad de forraje (kg/ha MS)	1660	1245
Altura (cm)	8,5	2,4
Asignación de forraje (kg MS/100 PV)	19,3	7,3
Composición Química (base seca)		
Proteína cruda (PC %)	10,8	8,6
Fibra detergente ácido (FDA %)	49,1	38,8
Fibra detergente neutro (FDN %)	71,0	68,9
NDT (%)	53,4	61,6
EM (Mcal/kg MS)	1,97	2,27

NDT: estimación de los nutrientes digestibles totales;
EM*: estimación de la energía metabolizable, NRC 1996.

buen acceso a aguadas durante todo el período experimental. Los animales suplementados fueron llevados diariamente a primera hora de la mañana (aprox. 8:00 am) a los comederos que se encontraban en una subdivisión dentro del mismo potrero. Una vez finalizado el consumo del suplemento, las vacas volvían al potrero con el resto de los animales. No se registró rechazo del suplemento ofrecido.

El entore comenzó a los 56 ± 6 días pp (media ± desvío) en el Experimento 1 y a los 60 ± 6 días pp en el Experimento 2 empleándose el 3% de toros con fertilidad

comprobada. Los terneros fueron destetados a los 168 ± 6 días de edad en el Experimento 1 o 180 ± 6 días de edad para el caso del Experimento 2.

Determinaciones

El PV y la CC de las vacas se determinó a partir de los 56 días antes del parto hasta el destete, con una frecuencia de 14 y 28 días en los Experimentos 1 y 2, respectivamente. En ambos trabajos el PV y la CC de las vacas se midieron a primera hora de la mañana sin ayuno previo. EL PV de los terneros se registró al nacer y hasta el destete cada 14 y 28 días en los Experimento 1 y 2, respectivamente. En ambos trabajos se estimó la producción y la composición de la leche, a través de ordeñe mecánico directo cada 30 días desde el día 30 hasta el destete (Quintans *et al.,* 2010).

Se tomaron muestras de sangre semanalmente en ambos experimentos desde el día 56 previo al parto hasta el fin del entore, conformando así perfiles de más de 7 meses de duración. Las mismas se colectaron por venipunción de la vena yugular utilizando tubos Vacuteiner® de 10 ml. Inmediatamente finalizado el sangrado, las muestras refrigeradas fueron llevadas al laboratorio donde se centrifugaron a 3000 rpm durante 15 minutos. El suero fue conservado a -20°C hasta su posterior análisis. Se determinaron las concentraciones de ácidos grasos no esterificados (AGNE), colesterol, y progesterona en ambos experimentos y urea en el Experimento 2.

Las concentraciones de AGNE, colesterol y urea fueron determinadas en la División de Laboratorios Veterinarios, Miguel C Rubino (DILAVE). Las concentraciones de AGNE fueron cuantificadas utilizando kits comerciales (kit NEFA HR(2), Wako Chemicals, Richmond, VA, EE.UU.) a través de espectrofotometría mediante el método enzimático. Las muestras de cada experimento fueron corridas en un único ensayo cuya repetibilidad fueron de 1,85%, la incertidumbre de 5,35% y la producibilidad de 1,84%.

Las concentraciones de colesterol de las vacas fueron determinadas a través de espectrofotometría mediante el método enzimático en cada experimento, usando un kit comercial (Enzyme Colestat kit, Wiener Lab, Rosario, Argentina) donde la repetibilidad de los ensayos no superaron 1.5%, la reproducibilidad inter-ensayo no superó 4% y la incertidumbre el 3%.

Las concentraciones de urea fueron determinadas utilizando un kit comercial (UREA UV, cinética AA, Wiener Lab, Rosario, Argentina) en donde la repetibilidad de los ensayos no superaron 2,9%, la reproducibilidad inter-ensayo no superó 9,5% y la incertidumbre el 9,8%.

Las concentraciones de progesterona fueron determinadas en el Laboratorio de Técnicas Nucleares de la Facultad de Veterinaria de la UdelaR. La progesterona se determinó por radioinmunoanálisis (RIA) en fase sólida usando kit comercial (Coat-and-Count, Diagnostics Products Co., Los Angeles, CA, EE.UU.). La sensibilidad en ambos experimentos fue de 0,1 ng/ml. Los CV intra-ensayo no superaron el 11% en los controles bajos, medios y altos. Los CV inter-ensayo no superaron el 19% para los mismos controles.

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados en un diseño experimental completamente al azar. En ambos experimentos, los datos de PV, CC, producción de leche, PV del ternero, concentraciones de metabolitos fueron analizados usando modelos lineales con medidas repetidas en el tiempo mediante PROC MIXED del SAS v9 (SAS Institute, INC., Cary, NC). El modelo incluyó efectos del tratamiento, días pp y la interacción entre tratamiento por días pp como efectos fijos y la vaca como efectos aleatorios. Se utilizó la una estructura de covarianza autoregresiva (AR(1)) y correcciones por co-variables fueron utilizados cuando esta fue significativa. Se tomó tratamiento y días posparto como efectos fijos y la vaca como efecto aleatorio. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de DMS al $P<0,05$. Valores entre $0,10<P<0,05$ fueron considerados como tendencia. Los datos se expresan en media ± error estándar ee.

En ambos experimentos la proporción de vacas ciclando o preñadas fueron analizados con modelos lineales generalizados a través del procedimiento PROC GENMOD del SAS (SAS Institute, INC., Cary, NC). En el modelo se incluyó efectos del tratamiento. Las variables con distribución Binomial (proporción de vacas ciclando o preñadas) la función link utilizada fue logit y variables con distribución Poisson (duración del anestro posparto y período parto concepción) la función link utilizada fue log.

RESULTADOS

Experimento 1

No se observaron diferencias en el peso y en la CC promedio entre vacas CON y SUP (470 ± 12 kg, 4,7 ± 0,13 u). Sin embargo, se observó una interacción (P<0,01) del tiempo y el tratamiento donde las vacas SUP perdieron (P <0,01) menos peso respecto a las vacas CON (-2,40 vs. -2,71 ± 0,25) desde el día -14 pp hasta el parto. Luego del parto las vacas SUP ganaron (P <0,05) más peso en relación a las vacas CON (0,636 ± 0,05 vs. 0,466 ± 0,05 para vacas SUP y CON, respectivamente). A partir del día 56 pp la evolución de peso de las vacas fueron similares en ambos grupos (Figura 2A).

En relación a la CC se observó que ambos grupos de vacas perdieron CC en el preparto (Figura 2B). No obstante desde los 14 días previos al parto hasta el día 56 pp se observó que las vacas SUP aumentaron (P <0,01) su CC, tendiendo (P=0,08) a presentar mayor CC que las vacas CON en el posparto.

La producción promedio de leche de las vacas CON y SUP fue similar en el período evaluado (4,9 ± 0,2 kg/d). La producción de leche de las vacas decreció (P<0,01) en ambos grupos desde 6,9 a 3,9 kg/d en día 30 hasta el día 168 pp. La composición de la leche no fue diferente entre vacas CON y SUP. El promedio de grasa, proteína y lactosa fue de 2,0 ± 0,1; 3,3 ± 0,04 y 4,9 ± 0,05 %, respectivamente. Al nacer y al destete, los terneros de ambos grupos presentaron pesos similares (37,7 ± 2,3 y 178 ± 2,4 kg).

Se observó una interacción (P<0,01) entre tratamiento por días pp en las concentraciones de AGNE. Las vacas CON presentaron mayores (P< 0,01) concentraciones de

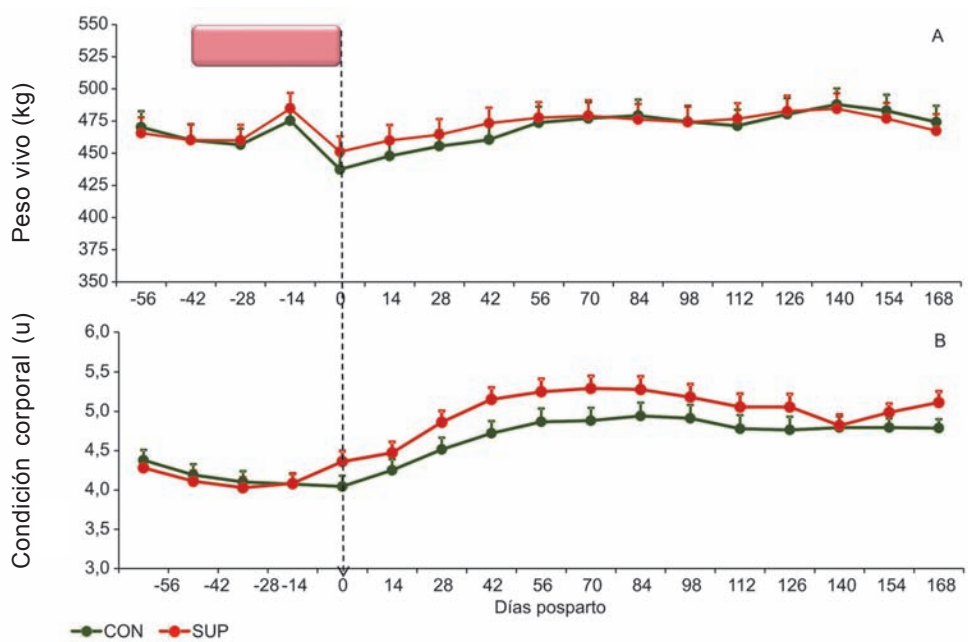


Figura 2. Peso vivo (A) y condición corporal (B) promedio (± ee) del Experimento 1 desde el día -56 hasta el día 168 posparto. La barra rosada representa el período de suplementación de 33 ± 6 días y la línea punteada representa el parto.

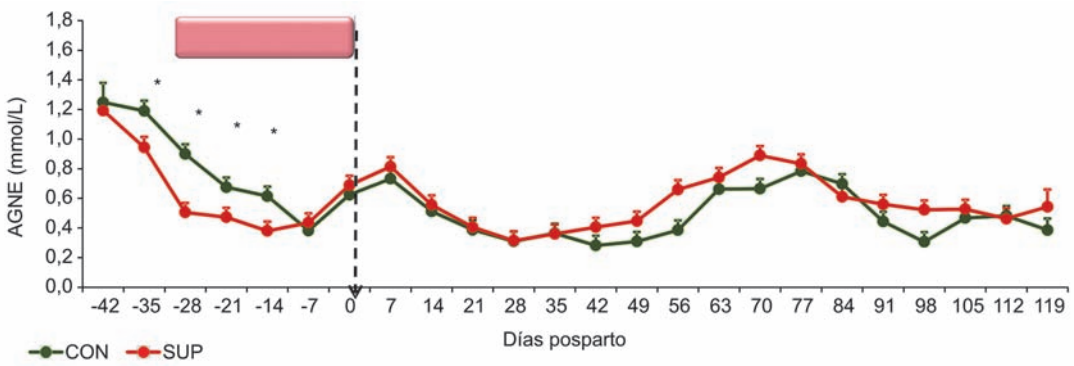


Figura 3. Concentraciones (promedio ± ee) de ácidos grasos no esterificados (AGNE) del Experimento 1 desde el día -42 hasta el día 119 posparto. La barra rosada representa el período de suplementación de 33 ± 6 días y la línea punteada representa el parto. *P<0,05.

AGNE que las vacas SUP desde el día -35 hasta -14 (0,85 *vs.* 0,58 ± 0,06 mmol/L). Desde el día -7 pp hasta el final del entore (día 119 pp) las concentraciones de AGNE de las vacas CON y SUP no fueron significativamente diferentes (0,53 ± 0,06 mmol/mL Figura 3).

No se observaron diferencias en las concentraciones de colesterol entre las vacas SUP y CON (5,0 ± 0,2 mmol/L) ni una interacción entre tratamiento por días pp.

En relación al desempeño reproductivo se observó que la duración del APP fue similar entre vacas SUP y CON (70 y 80 ± 6 días). Sin embargo el período parto-concepción fue más corto (P<0,04) en vacas SUP en comparación a las vacas CON (83 vs. 99 ± 6 días). El porcentaje de vacas ciclando al día 90 pp tendió (P= 0,08) a ser mayor en vacas SUP que CON (82 vs. 65) al igual que el porcentaje de vacas preñadas (100 vs. 88).

Experimento 2

No se observaron diferencias en el PV y en la CC promedio entre las vacas de los diferentes manejos nutricionales (452,9 ± 3,2 kg de PV, 4,1 ± 0,07 u). El PV aumentó (P<0,01) desde el inicio del período experimental hasta -28 días pp. Luego del parto las vacas aumentaron (P<0,01) su PV hasta el día 56 pp. Desde el día 56 hasta los 140 pp se observó una disminución (P<0,01) del PV (Figura 4A). Se observó una interacción (P<0,01) tratamiento por días pp en la CC. Al parto las vacas SUP presentaron mayor (P<0,05) CC que las vacas CON, luego ambos grupos se comportaron de forma similar (Figura 4B). Las vacas SUP perdieron menos (P<0,05) CC desde el día -56 hasta el parto mientras que las vaca CON.

La producción promedio de leche de las vacas CON y SUP fue similar en el período

Cuadro 3. Desempeño reproductivo de vacas multíparas del Experimento 1

	CON	SUP	P-VALOR
Porcentaje de vacas ciclando a los 90 días pp [%,(n/n)]	65 (11/17)	83 (15/18)	0,08
Anestro posparto (APP, días)	80 ± 6	70 ± 6	0,22
Período parto-concepción (días)	99 ± 6	83 ± 5	0,04
Preñez [%,(n/n)]	88 (15/17)	100 (18/18)	0,08

CON: vacas control; SUP: vacas suplementadas preparto.

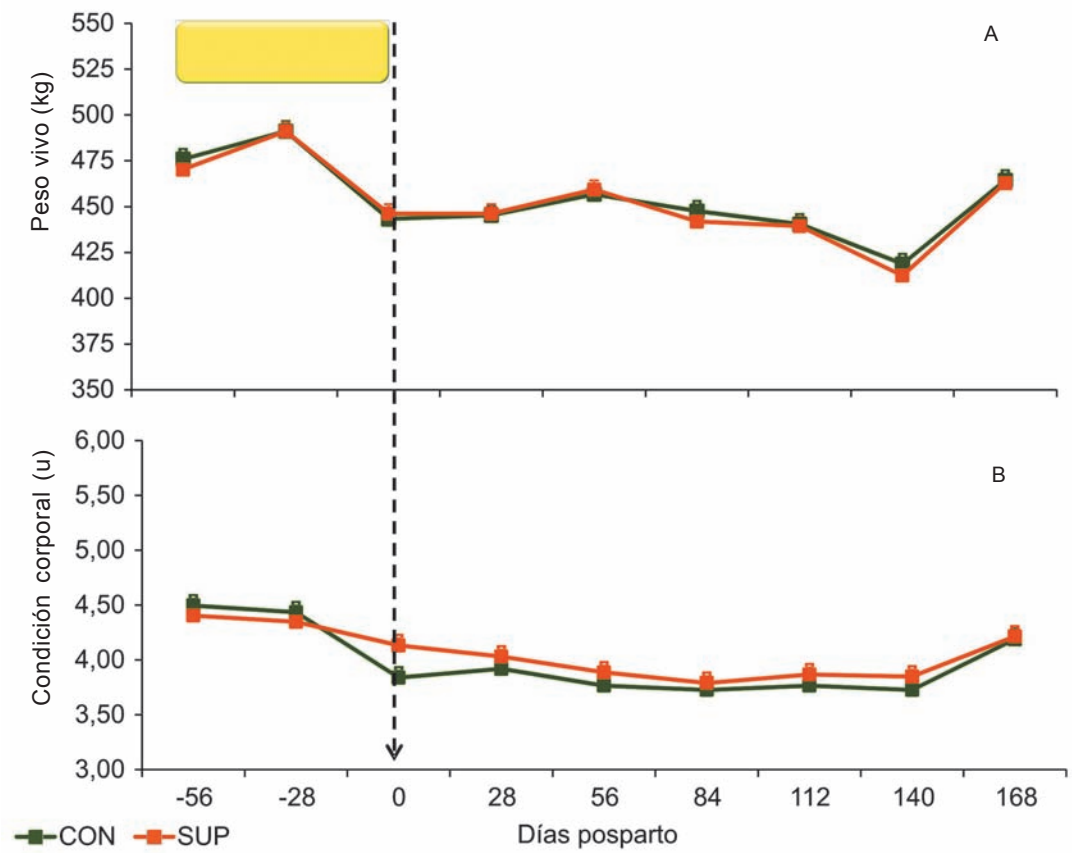


Figura 4. Peso vivo (A) y condición corporal (B) promedio (± ee) del Experimento 2 desde el día -56 hasta el día 168 posparto. La barra amarilla representa el período de suplementación de 40 ± 6 días y la línea punteada representa el parto.

evaluado (5,1 ± 0,3 kg/d). La producción de leche de las vacas decreció (P < 0,01) en ambos grupos desde 5,1 a 3,3 kg/d desde el día 30 hasta el día 150 pp. La composición de la leche no fue diferente entre vacas CON y SUP. El promedio de grasa, proteína y lactosa fue de 2,4 ± 0,1; 2,9 ± 0,05 y 4,9 ± 0,04 %, respectivamente.

Al nacer los terneros de ambos tratamientos presentaron similares PV (40,5 ± 3,0 kg). Los terneros hijos de las vacas SUP tendieron (P=0,07) a ser más pesados desde los 84 a los 140 días de edad. Respecto a la tasa de ganancia media diaria se pudo apreciar que los terneros hijos de vacas SUP presentaron una tendencia (P=0,07) a ganar más peso desde el nacimiento hasta los 28 días de edad (0,986 ± 0,07 *vs*. 0,801 ± 0,07 kg/d para terneros SUP y CON). A partir de los 28 días de edad la tasa de ganancia media diaria entre los terneros de ambos grupos fue similar (0,805 ± 0,03 kg/d).

Las concentraciones promedio de AGNE fueron mayores (P<0,01) en vacas SUP que CON (0,492 vs. 0,363 ± 0,02 mmol/L). Durante el período preparto las concentraciones de AGNE fueron similares entre vacas SUP y CON pero desde el día 7 pp hasta el fin del período experimental las vacas SUP tuvieron mayores (P<0,05) concentraciones de AGNE respecto a las CON (Figura 5A).

Las vacas SUP tendieron (P=0.06) a presentar mayores concentraciones de colesterol que las vacas CON (5,5 *vs*. 5,0 ± 0,2mmol/L). Por otra parte, las vacas SUP presentaron mayores (P<0,01) concentraciones de colesterol que las vacas CON durante el preparto (desde día -35 hasta el día 7 pp). Sin embargo, las concentraciones de colesterol en el posparto no difirieron entre las vacas SUP y CON (Figura 5B).

Las vacas CON presentaron mayores (P<0,01) concentraciones de urea que las vacas SUP antes del parto (7,26 ± 0,4 vs.

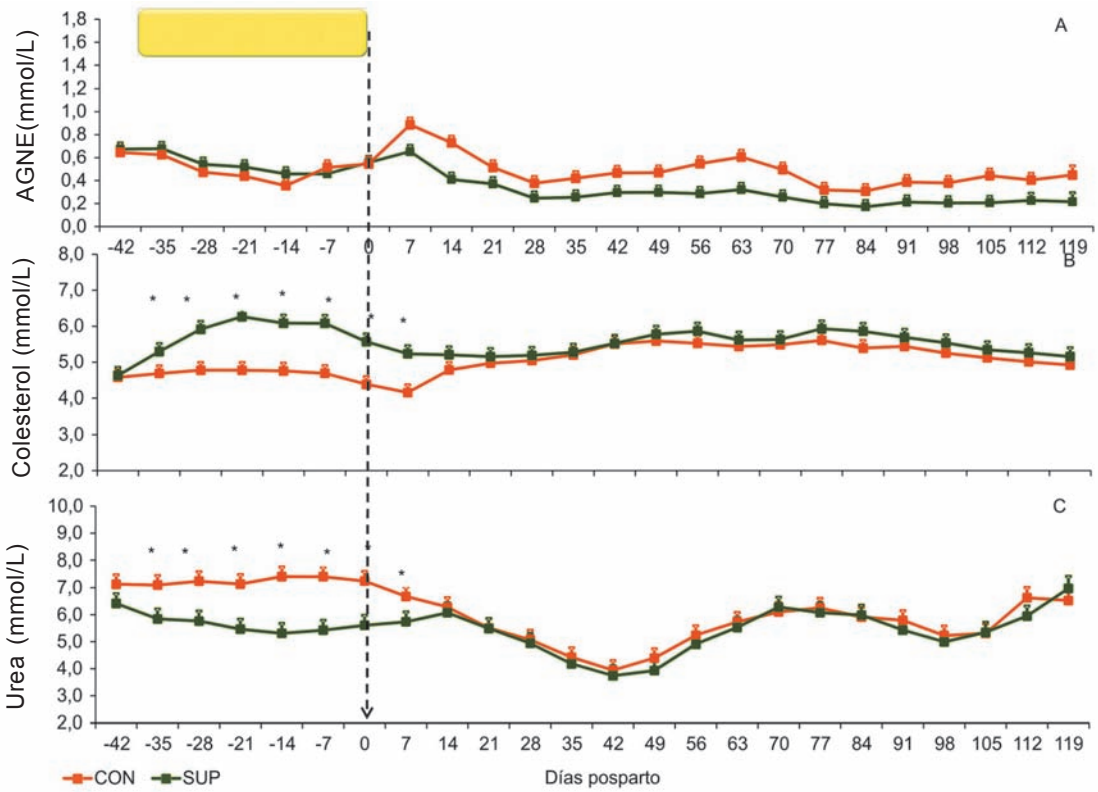


Figura 5. Concentraciones (promedio ± ee) de A) ácidos grasos no esterificados (AGNE), B) colesterol C) y urea del Experimento 2 desde el día -42 hasta el día 119 posparto. La barra amarilla representa el período de suplementación de 33 ± 6 días y la línea punteada representa el parto.*P < 0,05.

5,57 ± 0,4 mmol/L; Figura 5C), no existiendo diferencias entre grupos luego de los 14 días pp (5,39 ± 0,4 mmol/L). Se encontró una correlación significativa entre los registros de precipitaciones mensuales (mm) y las concentraciones de urea en sangre (r = 0,83; P<0,001).

En cuanto al desempeño reproductivo se observó que la duración del APP y el período parto-concepción fue menor (P < 0,01) en vacas SUP respecto a vacas CON (Cuadro 4). Sin embargo la probabilidad de vacas ciclando a los 90 días pp y el porcentaje de preñez no fueron diferentes estadísticamente.

Cuadro 4. Desempeño reproductivo de vacas multíparas del Experimento 2

	CON	SUP	P-VALOR
Porcentaje de vacas ciclando a los 90 días pp [%,(n/n)]	69 (9/13)	92 (12/13)	0,12
Anestro posparto (APP, días)	123 ± 8	88 ± 8	0,01
Período parto-concepción (días)	127 ± 7	98 ± 7	0,04
Preñez [%,(n/n)]	61 (8/13)	84 (11/13)	0,17

CON: vacas control; SUP: vacas suplementadas preparto.

DISCUSIÓN

El presente trabajo estaría indicando que una suplementación corta preparto en vacas multíparas ya sea con granos de sorgo más núcleo proteico o con afrechillo de arroz mejoraría la CC al parto, generando diferentes señales metabólicas, que incrementaría el desempeño reproductivo, sin modificar la producción y composición de la leche ni el peso al nacer de los terneros.

El desempeño reproductivo está asociada a variaciones en el PV y CC de las vacas (Richards *et al.,* 1989). Las vacas SUP del Experimento 1 presentaron mayores PV y CC que las vacas CON desde el día -14 pp hasta el día 42 pp. Por otra parte en el Experimento 2 la evolución de PV y la CC fue similar entre vacas de ambos grupos, notándose una tendencia a que vacas SUP parieran con mayor CC respecto a las vacas CON. Las diferencias entre experimentos en el PV y CC estarían explicadas por la disponibilidad, calidad y altura del forraje de cada año evaluado debido a que en la primavera-verano del Experimento 2 se registró una fuerte sequía (seca del año 2008-2009).

La CC puede ser utilizada para estimar las reservas energéticas corporales (Vizcarra *et al.,* 1998) dando una posible explicación a la menor duración del período parto-concepción encontrados en ambos experimentos en vacas SUP. En este sentido se ha reportado que la CC al parto es un factor determinante de la duración del período del APP (Hougthon *et al.,* 1990; Hess *et al.,* 2005) donde en el Experimento 2 las vacas SUP presentaron un menor período de APP respecto a las vacas CON. Por otra parte, existe una interacción no lineal entre la CC al parto y el consumo de energía luego del parto sobre la duración del APP (Short *et al.,* 1990), siendo ésta junto a la disponibilidad y calidad de la pastura en cada experimento una posible explicación a las diferencias encontradas en la duración del APP entre ellos. En relación a las otras variables reproductivas estudiadas como el porcentaje de vacas ciclando y preñadas tendieron a ser mayor en vacas SUP respecto a las vacas CON en el Experimento 1 y numéricamente superior en el Experimento 2, no pudiéndose detectar estas diferencias estadísticas debido al bajo número final de animales de cada tratamiento para este tipo de variable (discreta).

En los sistemas de cría extensiva donde la base alimenticia es el pastoreo de campo natural durante todo el año, el invierno se caracteriza por una baja cantidad y calidad de forraje (Bermúdez y Ayala, 2005). Además en los sistema de cría con servicio estivales y pariciones de primavera, generalmente el invierno coincide con el último tercio de gestación, lo que resulta en que las vacas gestantes atraviesen por un período de balance energético negativo (BEN) debido a que los requerimientos nutricionales no son acompañados por un aumento del consumo de nutrientes (Bauman, 2000; Larson *et al.,* 2009). Por lo tanto, en las vacas en esta etapa fisiológica se producen cambios en las vías metabólicas en el hígado (aumento de la gluconeogénesis y la oxidación de ácidos grasos), en el músculo y en el tejido adiposo para mantener un estado de homeoresis apoyando el mantenimiento de la homeostasis (Bauman y Currie, 1980; Bell, 1995). Consecuentemente cuando el tejido adiposo de los animales se metaboliza son liberados AGNE y glicerol, los cuales pueden ser utilizados como fuente de energía durante el BEN (Wetteman *et al.,* 2003). Por lo tanto, mayores concentraciones de AGNE en sangre indicarían un BEN (Lucy *et al.,* 1991) cuando se observa una disminución del PV y/o de la CC. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, en el Experimento 1 se observó que las vacas CON presentaron mayores concentraciones de AGNE en el preparto respecto a vacas SUP y por lo tanto determinando un BEN de las vacas CON en el preparto. Por otra parte en el Experimento 2 no se observaron diferencias en las concentraciones de AGNE entre vacas CON y SUP durante el preparto.

Se pudo observar que los perfiles de colesterol entre las vacas suplementadas y control del Experimento 1 y 2 también fueron diferente, siendo que en el Experimento 1 las concentraciones de colesterol fueron similares entre vacas de ambos grupos, mientras que en el Experimento 2 las vacas SUP presentaron mayores concentraciones de colesterol en el preparto respecto a las va-

cas CON. Estas diferencias en el presente metabolito se debieron al suplemento utilizado. En el Experimento 2 se suplementó con afrechillo de arroz que posee una alta concentración de lípidos (18% extracto etéreo, BS). En este sentido se ha reportado que vacas alimentadas con dietas ricas en lípidos presentan un aumento de la absorción y transporte de las lipoproteínas unidas al colesterol en el intestino delgado (Grummer y Carroll, 1988). Esto explicaría las mayores concentraciones de colesterol en sangre de vacas SUP del Experimento 2. Resultados similares fueron reportados por Lammoglia *et al.* (1996, 1997), quienes encontraron que las concentraciones de colesterol aumentaron en vacas alimentadas con dietas ricas en grasas. Al mismo tiempo, niveles elevados de colesterol en sangre próximo al parto y en los primeros meses posparto fueron asociados con un rápido reinicio de la actividad ovárica (Guédon *et al.,* 1999). Aunque el mecanismo por el cual el colesterol puede influir en la reproducción no se ha aclarado, éste puede estar relacionado con una mejora en el balance de energía en lugar de un efecto directo sobre el eje reproductivo (Oliveira Filho *et al.,* 2010). Por otra parte el colesterol es un precursor de la síntesis de esteroides. Las altas concentraciones de colesterol peri-parto pueden aumentar las concentraciones de colesterol en las células foliculares que afectan la esteroidogénesis y posteriormente, el avance del reinicio de la ciclicidad ovárica durante el periodo posparto temprano (Reist *et al.,* 2003).

Las concentraciones de urea en el preparto de las vacas CON fueron mayores que en vacas SUP del Experimento 2. Esto podría deberse a un desbalance energético-proteico de la dieta en el preparto de las vacas CON (Chimonyo *et al.,* 2002) dado que la pastura tenía 11% PC y 68% FDN, o por un catabolismo del tejido muscular para sobrellevar el crecimiento del feto no apreciándose diferencias en el PV de la vaca (Freetly *et al.,* 2008). Durante el posparto, las concentraciones de urea fueron similares entre vacas de ambos tratamientos, disminuyendo hasta el día 42 posparto y el aumento a partir de entonces hasta el fin de entore. El perfil de urea en el posparto de las vacas en este (Exp. 2) podría estar explicado por las condiciones ambientales (Reid y Jung, 1991), ya que a los 40 a 50 días después del parto se instaló una severa sequía que duró aproximadamente 150 días, para posteriormente comenzar un período de copiosas lluvias.

La urea, así como los AGNE de la sangre, son metabolitos utilizados para la evaluación del estado de energético en vacas de carne después del parto (Eadson *et al.*, 1985; Grimard *et al*., 1995). Sin embargo, hay poca evidencia de que la urea tenga un efecto directo sobre el ovario o eje reproductivo. Armstrong et al. (2001) reportaron que elevadas concentraciones de urea en plasma disminuyen la calidad de los ovocitos en folículos pequeños y folículos expuestos a altos niveles de amoníaco y/o urea pondría comprometer su capacidad de desarrollo (Sinclair *et al.,* 2000). Por lo tanto, mayores concentraciones de urea observados en el preparto en las vacas de control, pueden haber afectado negativamente el desempeño reproductivo posterior.

Existe información que señala que un folículo y su ovocito maduro demora aproximadamente 100 días para llegar a la período ovulatorio (Britt, 2008). Por lo tanto con la información generada con estos trabajos se estaría dando indicios que los diferentes suplementos proporcionados 40 días previo al parto generarían señales metabólicas positivas diferentes las cuales serían captadas por el ovario aproximadamente 100 días previo a la ovulación.

No se encontraron diferencias en el PV al nacer de los terneros de vacas SUP respecto a las vacas CON en ambos experimentos. Estos resultados son similares a los encontrados por Lammoglia *et al*. (1996), Alexander el at. (2002) y Small *et al.* (2004). Por otra parte, existen trabajos que reportan mayores pesos de los terneros al nacer de vacas suplementadas preparto, pero cuando la duración del período de suplementación fue mayor que el del presente trabajo (Corah *et al.,* 1975; Perry *et al.,* 1991).

Los resultados encontrados en la producción y composición de leche en las vacas multíparas de ambos Experimentos fueron

similares a lo reportado por Alexander et al. (2002) y Quintans *et al.,* (2009). Sin embargo es interesante observar que los terneros de vacas suplementadas del Experimento2 presentaron mayores tasas de ganancias en los primeros 28 días de nacidos, que aquellos de vacas control. Si bien las producciones de leche entre las vacas de los diferentes tratamientos fueron similares, se podría especular que las vacas SUP produjeron más leche en los primeros 28 días pp o que la misma pudo haber presentado un mayor contenido de grasa. Cabe destacar que la primera medición de leche fue realizada a los 30 días pp, lo que imposibilitaría correlacionar la ganancia de peso en el primer mes de vida con la producción de leche en ese momento de su determinación.

CONSIDERACIONES FINALES

En resumen, la información generada en estos dos experimentos sobre una suplementación de corta duración antes del parto en vacas multíparas generó diferencias en señales metabólicas que se vieron reflejadas en una disminución del anestro posparto. Cabe destacar que entre el período de suplementación y la respuesta reproductiva, existió un período aproximado de 3 meses, lo que podría estar explicado por un efecto a mediano plazo o «memoria metabólica» (Blache *et al.,* 2006). El mismo implica que el haber incrementado el nivel nutricional antes del parto, podría estar ejerciendo un efecto positivo en variables reproductivas entre 2 y 3 meses después del parto. Estos mecanismos podrían estar mediados por distintas señales metabólicas sobre el crecimiento folicular. Existen evidencias que confirmarían esta hipótesis (Britt, 2008).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal de apoyo del Programa Carne y Lana de la Unidad Experimental Palo Pique y al personal de La Estación Experimental del Este por el compromiso, responsabilidad y dedicación con que realizan su trabajo día a día.

A la ANII por la beca de posgrados ya que el Experimento 2 formó parte de la Tesis de Maestría de la Ing. Agr. Scarsi

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, B.M.; HESS, B.W.; HIXON, D.L.; GARRETT, B.L.; RULE, D.C.; MCFARLAND, M.; BOTTGER, J.D.; SIMMS, D.D.; MOSS, G.E. 2002. Influence of pre-partum fat supplementation on subsequent beef cow reproduction and calf performance. The Professional Animal Science 18 (4): 351-357.

ARMSTRONG D.G.; MCEVOY T.G.; BAXTER G. ROBINSON J.J; HOGG C.O.; WOAD K.J.; WEBB R. AND SINCLAIR K.D. 2001. Effect of dietary energy and protein on bovine follicular dynamics and embryo production In Vitro: Associations with the ovarian insulin-like growth factor system. Biology of Reproduction 64, 1624-1632.

BAUMAN, D.; CURIE. B. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. Journal of Dairy Science 63 (9): 1514-1529.

BAUMAN, D.E. 2000. Regulation of nutrient partitioning during lactation: homeostasis and homeorhesis revisited. En: Ruman Physiology: Digestion, Metabolism and Growth and Growth and Reproduction. Edited by PJ Cronje. CAB Publishing, New York, NY. 311-327 p.

BELL, A.W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. Journal of Animal Science 73 (9): 2804-2819.

BELLOWS, D.S.; OTT, S.L.; BELLOWS, R.A. 2002. Review: Cost of reproductive disease and conditions in cattle. The Professional Animal Scientist 18 (1): 26-32.

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) Resultados experimentales. Montevideo, INIA. pp. 41-50. (Serie Técnica no. 151).

BLACHE, D.; CHAGAS, L.M.; MARTIN, G.B. 2006. Nutritional inputs into the reproductive neuroendocrine control system – a multidimensional perspective. Reproduction in Domestic Ruminants 6 (1): 123-139.

BRITT, J.H. 2008. Oocyte development in cattle: physiological and genetic aspects. Revista Brasileira de Zootecnia 37:110-115.

CHAGAS, L.M.; RHODES, F.M.; BLACHE, D.; GORE, P.J.S.; MACDONALD, K.A.; VERKERK, G.A. 2006. Precalving effects on metabolic responses and postpartum anestrus in grazing primiparous dairy cows. Journal of Dairy Science 89 (6): 1981-1989.

CHIMONYO, M.; HAMUDIKUWANA, H.; KUSINA, N.T.; NCUBE, I. 2002. Changes in stress-related plasma metabolite concentrations in working Mashona cows on dietary supplementation. Livestock Production Science 73, 165-173.

CORAH, L.R.; DUNN, T.G.; KALTENBACH, C.C. 1975. Influence of prepartum nutrition on the reproductive performance of beef females and the performance of their progeny. Journal of Animal Science 41 (3): 819-824.

EADSON M.P.; CHESWORTH J.M.; ABOUL-ELA M.B.E. AND HERDERSON G.D. 1985. The effect of under nutrition of beef cows on blood hormone and metabolite concentrations postpartum. Reproduction Nutrition Development 25, 113-126.

FREETLY, H.C.; NIENABER, J.A.; BROWN-BRANDL, T. 2008. Partitioning of energy in pregnant beef cows during nutritionally induced body weight fluctuation. Journal of Animal Science 86 (2): 370-377.

GRIMARD B.; HUMBOLT P.; PONTER A.A.; MIALOT J.P.; SAUVANT D. AND 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, 173-179.

GRUMMER, R.R.; CARROLL, D.J. 1988. A review of lipoprotein cholesterol metabolism: importance to ovarian function. Journal of Animal Science 66 (12): 3160-3173.

GUÉDON, L.; SAUMANDE, J.; DUPRON, F.; COUQUET, C.; DESBALS, B. 1999. Serum Cholesterol and Thiglycerides in postpartum beef cows and their relationship to the resumption of ovulation. Theriogenology 51 (7): 1405-1415.

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 (Suppl 13): E90-E106.

HOUGHTON, P.L.; LEMENAGER, R.P.; HORSTMAN, A.; HENDRIX, K.S.; MOSS, G.E. 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 (5): 1438-1446.

LAMMOGLIA, M.A.; WILLARD, S.T.; OLDHAM, J.R.; RANDEL, R.D. 1996. Effects of dietary fat and season on steroid hormonal profiles before parturition and hormonal cholesterol, triglycerids, follicular patterns, and postpartum reproduction in Brahamn cows. Journal Animal Science 74 (4): 2253-2262.

LAMMOGLIA, M.A.; WILLARD, S.T.; HALLFORD, D.M.; RANDEL, R.D. 1997. Effects of dietary fat on follicular development and circulating concentrations of lipids, insulin, progesterone, estradiol-17 beta, 13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin F(2 alpha), and growth hormone in estrous cyclic Brahman cows. Journal of Animal Scince 75 (6): 1597-1600.

LARSON, D.M.; MARTIN, J.L.; ADAMS, D.C.; FUNSTON, R.N. 2009. Winter grazing system and supplementation during late gestation influence performance of beef cows and steer progeny. Journal of Animal Science 87 (3): 1147-1155.

LUCY, M.C.; STAPLES, C.R.; MICHEL, F.; THATCHER, W.W. 1991. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early post partum dairy cows. Journal of Dairy Science 74 (2): 473-482.

NRC; 1986. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th revised ed: Update 2000. National Academies Press, Washington, DC.

OLIVEIRA FILHO, B.D.; TONIOLLO, G.H.; OLIVEIRA, A.F.D.; VIU, M.A.O.; FERRAZ, H.T.; LOPES, D.T.; GAMBARINI M.L. 2010. The effect of offering an energy and protein supplement to grazing chanchim

beef cows either postpartum or both pre- and postpartum on lipid blood metabolites and folliculogenesis. Animal Reproduction Science 121 (1): 39-45.

PERRY, R.C.; CORAH, L.R.; COCHRAN, R.C.; BEAL, W.E.; STEVENSON, J.S.; MINTON, J.E.; SIMMS, D.D.; BRETHOUR, R. 1991. Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotropins, and first postpartum ovulation in suckled beef cows. Journal of Animal Science 69 (9): 3762-3773.

QUINTANS, G.; BANCHERO, G.; ROIG, G.; CARRIQUIRY, M. 2009. Effect of short-term prepartum supplementation on reproduction of multiparous beef cows on grazing conditions. Journal of Animal Science 87 (Suppl 2): 76 M236.

QUINTANS, G.; BANCHERO, G.; CARRIQUIRY, M.; LÓPEZ, C.; BALDI, F. 2010. Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. Animal Production Science. 50: 931–938.

RANDEL, R.D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. Journal of Animal Science 68 (3): 853-862.

REID, R.L.; JUNG, G.A. 1991. Plant/soil interactions in nutrition of grazing animal. In: PROCEEDINGS, SECOND GRAZING LIVESTOCK NUTRITION CONFERENCE; Steamboat Springs, Colorado, 197 pp.

REIST, M.; ERDIN, D.K.; VON EUW, D.; TSCHÜMPERLIN, K.M.; HAMMON, H.M.; MOREL, C.; PHILIPONA, C.; ZBINDEN, Y.; KÜNZI, N.; BLUM, J.W. 2003. Postpartum reproductive function: association with energy, metabolic and endocrine status in high yealding dairy cows. Theriogenology 59 (8): 1707-1723.

RICHARDS, M.W.; SPITZER, J.C.; WARNER, M.B. 1986. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. Journal of Animal Science 62 (2): 300-306.

RICHARDS, M.W.; WETTEMAN, R.P.; SCHOENEMANN, H.M. 1989. Nutritional anestrus in beef cows: concnetrations of glucose and nonesterified fatty acids in plasma and insulin in serum. Journal of Animal Science 67 (9): 2354-2362.

SAS; 2010. User's Guide: Statistics, Version 9. SAS Inst., Inc., Cary, NC.

SMALL, W.T.; PAISLEY, S.I.; HESS, B.W.; LAKE, S.L.; SHOLLJERGERDES, E.J.; REED, T.A.; BELDEN, E.L.; BARTLE, S. 2004. Supplemental fall in limit-fed, high grain perpartum diets of beef cows: effects on cow weight gain, reproduction, and calf health, immunity and performance. Proceeding Western Section, American Society of Animal Science 55 (1): 45-52.

SHORT, R.E.; BELLOWS, R.A.; STAIGMILLER, R.; BERARDINELLI, J.G.; CUSTER, E.E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. Journal of Animal Science 68 (3): 799-816.

SINCLAIR K.D.; KURAM M.; GEBBIE F.E.; WEBB R. AND MCEVOY T.G. 2000. Nitrogen metabolism and fertility in cattle: II. Development of oocytes recovered from heifers offered diets differing in their rate of nitrogen release in the rumen1. Journal of Animal Science 78, 2670-2680.

SMALL, W.T.; PAISLEY, S.I.; HESS, B.W.; LAKE, S.L.; SHOLLJERGERDES, E.J.; REED, T.A.; BELDEN, E.L.; BARTLE, S. 2004. Supplemental fall in limit-fed, high grain perpartum diets of beef cows: effects on cow weight gain, reproduction, and calf health, immunity and performance. Proceeding Western Section, American Society of Animal Science 55 (1): 45-52.

VIZCARRA, J.A.; WETTEMANN, R.P.; SPITZER, J.C.; MORRISON, D.G. 1998. Body condition at parturition and postpartum weight gain influence luteal activity and concentrations of glucose, insulin, and nonesterified fatty acids in plasma of primiparous beef cows. Journal of Animal Science 76 (4): 927-936.

WETTEMANN, R.P.; LENTS, C.A.; CICCIOLI, F.J.; WHITE, F.J.; RUBIO, I. 2003. Nutritional- and suckling-mediated anovulation in beef cows. Journal of Animal Science 81 (Suppl 2): E48-59.

SUPLEMENTACIÓN DE CORTA DURACIÓN ANTES DEL PARTO EN VACAS PRIMÍPARAS

Antonia Scarsi[1], José I. Velazco[2]
Mariana Carriquiry[3], Georgget Banchero[4]
Graciela Quintans[5]

RESUMEN

Se evaluaron los efectos de una suplementación corta preparto sobre variables productivas, metabólicas y reproductivas en vacas primíparas en dos años diferentes. Se usaron vacas cruza Aberdeen Angus × Hereford que fueron asignadas al azar a dos tratamientos a los 60 días preparto (Día0 =parto): 1) vacas pastoreando campo natural (CON); 2) vacas pastoreando campo natural más una suplementación diaria (SUP) preparto con 1 kg/100 kg PV de una mezcla de grano de sorgo y concentrado proteico durante 36 días preparto (Exp.1; n=25) o de afrechillo de arroz durante 38 días preparto (Exp.2; n=25). Se registró el peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) desde el Día -56 hasta el destete. Las vacas fueron sangradas semanalmente desde el día -42 hasta fin de entore para evaluar insulina y progesterona en ambos experimentos y ácidos grasos no esterificados (AGNE) y urea en el Exp.1. Se estimó el período de anestro posparto (APP), período parto-concepción, porcentaje de vacas ciclando a mitad de entore y tasa de preñez. En el Exp.1 el PV y las concentraciones de insulina de vacas SUP fueron mayores que las vacas CON, las concentraciones de AGNE y urea en el preparto fueron menores siendo similares en el pp; sin embargo no se observaron diferencias en la CC ni en la duración del APP. En el Exp.2 no se observaron diferencias en el PV, CC, concentraciones de insulina ni en la duración del APP, entre vacas SUP y CON. Bajo las condiciones de los experimentos realizados, una suplementación de corta duración antes del parto en vacas primíparas no mejoró el desempeño reproductivo. Es probable que esta categoría re-direccione los nutrientes que esta recibiendo a través de la suplementación, priorizando otras funciones, como por ejemplo el crecimiento, o producción de leche.

Palabras claves: suplementación preparto, anestro posparto, vacas primíparas

ABSTRACT

In this study it was evaluated, through two experiments, the effects of a short-term supplementation before parturition in primiparous cows on productive, metabolic and reproductive parameters. Primiparous Aberdeen Angus × Hereford cows were assigned randomly to two treatments 60 d before their expected calving date (Day 0): 1) cows grazed native pastures (CON); 2) cows grazed native pastures and supplemented (SUP) with 1kg/100kg body weight (BW) of a mix of sorghum grain and protein concentrate during 36 days before calving (Exp.1; n=25) or whole rice bran during the last 38 days of gestation (Exp. 2, n=25). Cow BW and body condition score (BCS) were recorded from Day -56 until weaning.

[1]Ing. Agr., MSc. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[2]Ing. Agr. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[3]Ing. Agr., Ph.D. Departamento Producción Animal – Área Nutrición Animal. Facultad de Agronomía- UdelaR.
[4]D.M.V.Ph.D. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA La Estanzuela.
[5]Ing. Agr., Ph.D. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.

Cows were bled weekly from Day -42 to the end of breeding season for insulin, progesterone in both Exp, non-esterified fatty acid (NEFA) and urea in Exp1. The postpartum anoestrus period (APP), probability of cows cycling at half breeding period and pregnancy were evaluated. In Exp.1, we observed that SUP cows were heavier, greater insulin concentrations and lesser NEFA and urea concentration in prepartum. However no differences in the BCS or the APP. Exp.2 in no differences in PV, BCS, insulin concentrations or the duration of APP period, among SUP and CON cows. Under the conditions of these experiments, short-term prepartum supplementation in primiparous cows did not improve reproductive performance. Probably, there was a nutrient partitioning where growing was prioritized over reproduction or milk yield.

Keywords: prepartum supplementation, postpartum anoestrus period primiparous cows

INTRODUCCIÓN

El desempeño reproductivo de las vacas de primera cría en condiciones de pastoreo sobre campo natural es menor que el de una vaca adulta. Esto es debido a que las vacas primíparas poseen mayores requerimientos que una vaca adulta, presentando de esta forma anestros posparto (pp) más largos. Además, al igual que en las vacas multíparas, el último tercio de gestación coincide con la menor disponibilidad y calidad de estas pasturas dificultando de esta manera el manejo de esta categoría de animales en los sistemas de producción.

Trabajos publicados a nivel internacional con suplementaciones preparto con concentrados energéticos o suplementos proteicos en vaquillonas para carne han encontrado una mejora del desempeño reproductivo. Patterson *et al.* (2003) suplementando vacas primíparas con proteína no degradable Lammoglia *et al.* (1997) y Bellows *et al.* (2001) suplementando con alimentos ricos en grasas durante el último tercio de gestación encontraron aumentos en la tasa de preñez independientemente de los cambios observados en el peso o en la condición corporal.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar, en vacas primíparas, el efecto del aumento en la disponibilidad de nutrientes, a través de una suplementación en los últimos 38 días de gestación, sobre la duración del anestro posparto. Diferentes variables fueron evaluadas como por ejemplo peso vivo, condición corporal, perfiles de insulina, y la producción de leche.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en diferentes años en la «Unidad Experimental Palo a Pique», INIA Treinta y Tres (33°S, 56°W) con vacas primíparas cruza Aberdeen Angus x Hereford. El período de evaluación del Experimento 1 fue de julio 2008 a marzo 2009 y el Experimento 2 se llevó a cabo desde julio 2011 a marzo 2012.

Procedimiento Experimental

El diseño experimental fue similar en ambos experimentos (Figura 1), con la información de la fecha probable de parto, peso, CC y edad (Cuadro 1) se seleccionaron 32 vacas en el Experimento 1 y 31 vacas en el Experimento 2 y se las asignaron al azar a dos tratamientos: i) vacas pastoreando campo natural (CON) y ii) vacas pastoreando campo natural más una suplementación diaria con 1 kg/100 kg PV de corta duración preparto (SUP). En el Experimento 1 la suplementación duró 36 ± 8 días (media ± desvío) y la misma fue de una mezcla de grano de sorgo y un núcleo proteico en una relación 3:1,5 kg en base fresca (Cuadro 1). En el segundo año el período de suplementación fue de 38 ± 5 días y el suplemento fue afrechillo de arroz entro (Cuadro 1).

Una vez paridas las vacas (parto = día 0 pp) y teniendo en cuenta la dispersión real de las fechas de parto, el número final de vacas empleado en cada experimento fue de 25, donde en el Experimento 1 se conside-

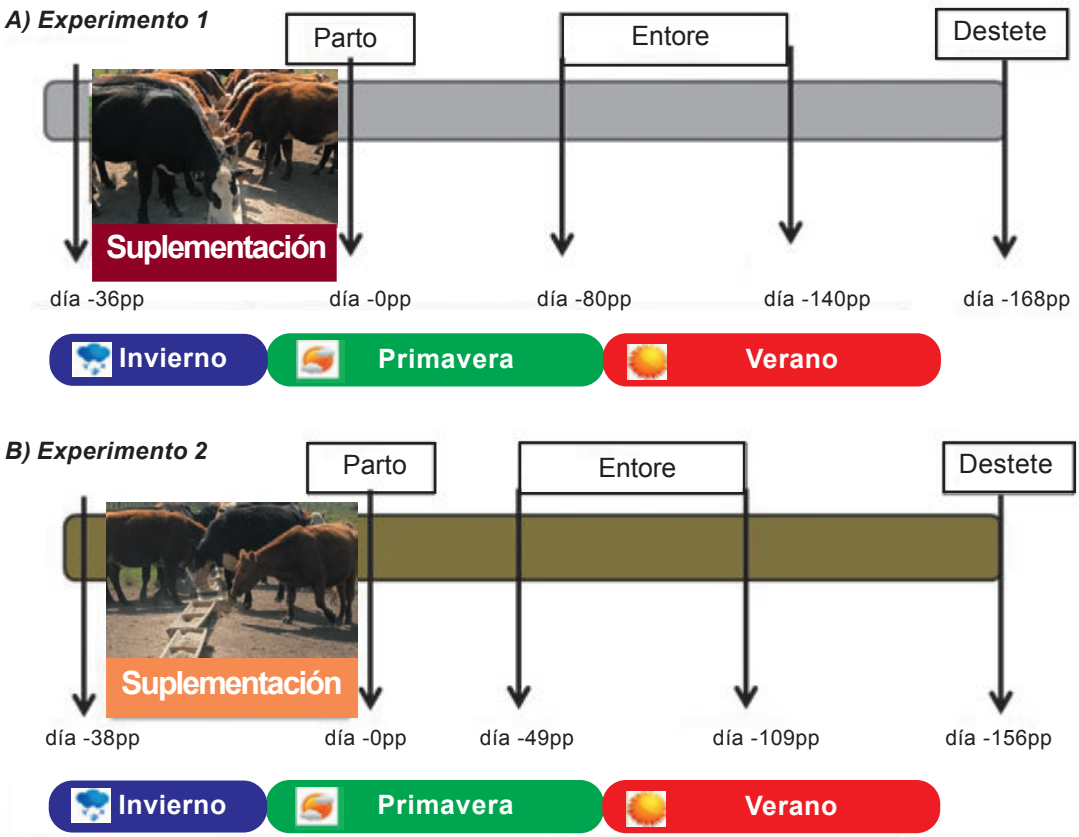


Figura 1. A) Procedimiento experimental del Experimento 1 de vacas suplementadas preparto con grano de sorgo más núcleo proteico, B) Procedimiento experimental del Experimento 2 de vacas suplementadas preparto con afrechillo de arroz entro (pp = posparto)

Cuadro 1. Caracterización general de las vacas seleccionadas (media ± desvío) y características nutricionales de los suplementos utilizados en los Experimentos 1 y 2

	Experimento 1	Experimento 2
Animales		
Número de vacas	25	25
Peso vivo (kg)	440 ± 28	476 ± 26
Condición Corporal (unidades)	4,7 ± 0,4	4,3 ± 0,4
Edad (años)	34 ± 1	38 ± 2
Suplementos	**Sorgo + Núcleo Proteico**	**Afrechillo de Arroz**
Materia seca (MS %)	93,2	89
Composición Química (base seca)		
Proteína cruda (PC %)	18,2	14,4
Fibra detergente ácido (FDA %)	19,0	6,5
Fibra detergente neutro (FDN %)	11,9	18,5
Extracto etéreo (EE %)	2,6	18,0
Ceniza (C%)	1,2	8,9
EM (Mcal/kg MS)	3,3	3,2

EM*: estimación de la energía metabolizable, NRC 1996.

Cuadro 2. Disponibilidad y composición química de campo natural en el Experimento 1 y Experimento 2

	Experimento 1	Experimento 2
Campo Natural		
Fin de Invierno (-40 a 0 días pp)		
Disponibilidad de forraje (kg/ha MS)	913,3	1361,5
Altura (cm)	3,3	3,4
Asignación de forraje (kg MS/100 PV)	8,4	17,5
Composición Química (base seca)		
Proteína cruda (PC %)	6,9	8,8
Fibra detergente ácido (FDA %)	39,5	33,0
Fibra detergente neutro (FDN %)	72,5	56,0
NDT (%)	61,1	66,0
EM (Mcal/kg MS)	2,2	2,4
Primavera (0 a 99 días pp)		
Disponibilidad de forraje (kg/ha MS)	1308,3	1616,3
Altura (cm)	2,8	3,7
Asignación de forraje (kg MS/100 PV)	19,3	19,8
Composición Química (base seca)		
Proteína cruda (PC %)	9,6	9,0
Fibra detergente ácido (FDA %)	35,0	32,7
Fibra detergente neutro (FDN %)	66,0	58,7
NDT (%)	64,7	66,5
EM (Mcal/kg MS)	2,3	2,4
Verano (99 a 168 días pp)		
Disponibilidad de forraje (kg/ha MS)	1570	1690
Altura (cm)	3,0	3,4
Asignación de forraje (kg MS/100 PV)	13,4	16,7
Composición Química (base seca)		
Proteína cruda (PC %)	9,0	8,0
Fibra detergente ácido (FDA %)	36,8	37,5
Fibra detergente neutro (FDN %)	68,8	64,5
NDT (%)	63,3	62,7
EM (Mcal/kg MS)	2,3	2,3

NDT: estimación de los nutrientes digestibles totales;
EM*: estimación de la energía metabolizable, NRC 1996

raron 14 vacas en el tratamiento CON y 11 en el tratamiento SUP para el análisis y en el Experimento 2 se utilizaron 13 vacas en el tratamiento CON y 12 en el tratamiento SUP para el análisis.

En cada experimento las vacas fueron manejadas de forma conjunta en el mismo potrero de campo natural (Cuadro 2) con buen acceso a aguadas durante todo el período experimental. Los animales suplementados fueron llevados diariamente a primera hora de la mañana (aprox. 8:00 am) a los comederos que se encontraban en una sub-división dentro del mismo potrero. Una vez finalizado el consumo del suplemento las vacas volvieron al potrero con el resto de los ani-

males. Se controló diariamente si existía rechazo del suplemento, pero los animales comieron todo el suplemento durante el periodo estudiado.

En el Experimento 1 el entore comenzó a los 80 ± 8 días pp (media ± desvío) y el servicio del Experimento 2 comenzó a los 49 ± 5 días pp (media ± desvío) en ambos experimentos se emplearon el 3% de toros con fertilidad probada. Los terneros fueron destetados a los 180 ± 8 días de edad en el Experimento 1 y a los 154 días de edad en el Experimento 2.

Determinaciones

El PV y la CC de las vacas se determinaron a partir del día -56 pp y cada 28 días en el Experimento 1 y cada 14 días en el Experimento 2, hasta el destete. En ambos trabajos el PV y CC de las vacas se midieron a primera hora de la mañana sin ayuno previo. EL PV de los terneros se registró al nacer y cada 28 días en el Experimento 1 y cada 14 días en el Experimento 2 hasta el destete. En ambos experimentos se estimó la producción de leche a través de ordeñe mecánico directo cada 30 días desde el día 30 hasta el día 168 pp en el Experimento 1 y en el día 15, 30 hasta el día 156 pp (Quintans *et al.,* 2010). La calidad de la leche se analizó solamente en el Experimento 1.

Las vacas fueron sangradas semanalmente en ambos experimentos desde el día 56 previo al parto hasta el fin del entore (día 140 pp en el Experimento 1 y día 112 en el Experimento 2). Las mismas se colectaron por venipunción de la vena yugular utilizando tubos Vacuteiner® de 10 ml. Inmediatamente finalizado el sangrado, las muestras refrigeradas fueron llevadas al laboratorio donde se centrifugaron a 3000 rpm durante 15 minutos. El suero fue conservado a -20 °C hasta su posterior análisis. Se determinaron las concentraciones insulina y progesterona en ambos experimentos.

Las concentraciones de AGNE en suero se cuantificaron utilizando kits comerciales (kit NEFA HR(2), Wako Chemicals, Richmond, VA, EE.UU.) a través de espectrofotometría mediante el método enzimático, en el Laboratorio de Biotecnología Animal de la Facultad de Agronomía y Unidad de Reactivos para Biomodelos de Experimentación de la Facultad de Medicina UDELAR. Los CV intra-ensayo fueron de 7 y 6% para los controles bajos (0,40 mmol/L) y altos (0,96 mmol/L), respectivamente. Los CV inter-ensayo fueron de 15 y 19% para control bajo y alto, respectivamente.

Las concentraciones de urea en suero fueron determinadas en la División de Laboratorios Veterinarios, Miguel C Rubino (DILAVE) utilizando un kit comercial (UREA UV, cinética AA, Wiener Lab, Rosario, Argentina) en donde la repetibilidad de los ensayos no superaron 4.3%, la reproducibilidad inter-ensayo no superó 4,2% y la incertidumbre el 8,7%.

Las concentraciones de progesterona e insulina fueron determinadas en el Laboratorio de Técnicas Nucleares de la Facultad de Veterinaria de la UdelaR. Las concentraciones de insulina en vacas del Experimento 2 se determinaron por inmunoradiometrico (IRMA). Para el análisis de insulina por IRMA se utilizó un kit comercial (Diasource, Bruselas, Bélgica). La sensibilidad del ensayo fue 2,8 μUI/mL para el Experimento 1 y de 2,4 μUI/mL para el Experimento 2. Los CV intra-ensayo e inter-ensayo para los controles 1(21 μUI/mL) y los controles 2 (63,6 μUI/mL) no superaron el 9,0%.

La progesterona se determinó por radioinmunoanálisis (RIA) en fase sólida usando kit comercial (Coat-and-Count, Diagnostics Products Co., Los Angeles, CA, EEUU). Las sensibilidades fueron de 0,1 ng/ml en ambos experimentos. Los CV intra-ensayo no superaron el 11% en los controles bajos, medios y altos. Los CV inter-ensayo no superaron el 19% para los mismos controles.

Los datos del Experimento 1 fueron analizados en un diseño experimental de bloques completamente al azar mientras que el Experimento 2 los datos se analizaron con un diseño completamente al azar. En ambos experimentos, los datos de PV, CC, producción de leche, PV del ternero, concentraciones de insulina, AGNE y urea fueron analizados usando modelos lineales con medidas

repetidas en el tiempo mediante PROC MIXED del SAS v9 (SAS Institute, INC., Cary, NC). El modelo incluyó efectos del tratamiento, bloque (en el Experimento 1), días pp y la interacción entre tratamiento por días pp como efectos fijos y la vaca como efectos aleatorios. Se utilizó la una estructura de covarianza autoregresiva (AR(1)) y correcciones por co-variables fueron utilizados cuando esta fue significativa (CC del Experimento 2). Se tomó tratamiento y días posparto como efectos fijos y la vaca como efecto aleatorio. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de DMS al P<0,05. Valores entre 0,10<P<0,05 fueron considerados como tendencia. Los datos se expresan en media ± error estándar ee.

En ambos experimentos la proporción de vacas ciclando o preñadas fueron analizados con modelos lineales generalizados a través del procedimiento PROC GENMOD del SAS (SAS Institute, INC., Cary, NC). En el modelo se incluyó efectos del tratamiento y bloque en el Experimento 1. Las variables con distribución Binomial (proporción de vacas ciclando o preñadas) la función link utilizada fue logit y variables con distribución Poisson (duración del anestro posparto y período parto concepción) la función link utilizada fue log.

RESULTADOS

Experimento 1

Las vacas SUP fueron más (P<0,01) pesadas al parto que las vacas CON (409,8 ±7,8 vs. 393,8 ± 7,5 kg). Estas diferencias (P<0,01) continuaron hasta el día 56 pp donde las vacas CON llegaron a pesos similares que las vacas SUP (Figura 1A).

La CC promedio fue similar (4,2 ± 0,06 u) entre las vacas de los dos tratamientos. Al parto y a los 84 días pp las vacas SUP tendieron (P=0,07) a presentar mayor CC que las vacas CON (Figura 2B).

La producción promedio de leche fue similar entre las vacas SUP y las CON (4,1 ± 0,88 kg/d) en el período muestreado. La producción de leche decreció linealmente (P<0,01) desde 5,1 a 3,3 ± 0,9 kg/d desde el día 30 hasta el día 180 pp. En cuanto a la composición de la leche, los componentes analizados no fueron afectados por el tratamiento ni por la interacción entre el tratamiento y los días pp. El promedio de proteína, lactosa y grasa fue de 2,94 ± 0,15, 4,92 ± 0,04, y 2,62 ± 0,59 % respectivamente.

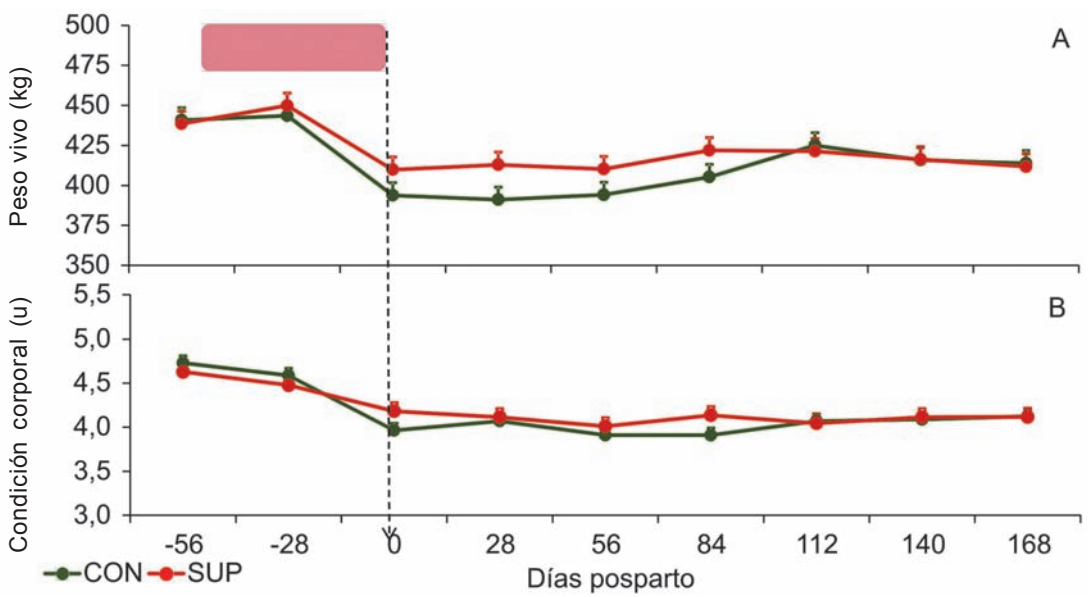


Figura 2. Peso vivo (A) y condición corporal (B) promedio (± ee) del Experimento 1 desde el día -56 hasta el día 168 posparto. La barra rosada representa el período de suplementación de 36 ± 8 días y la línea punteada representa el parto, *P<0,01.

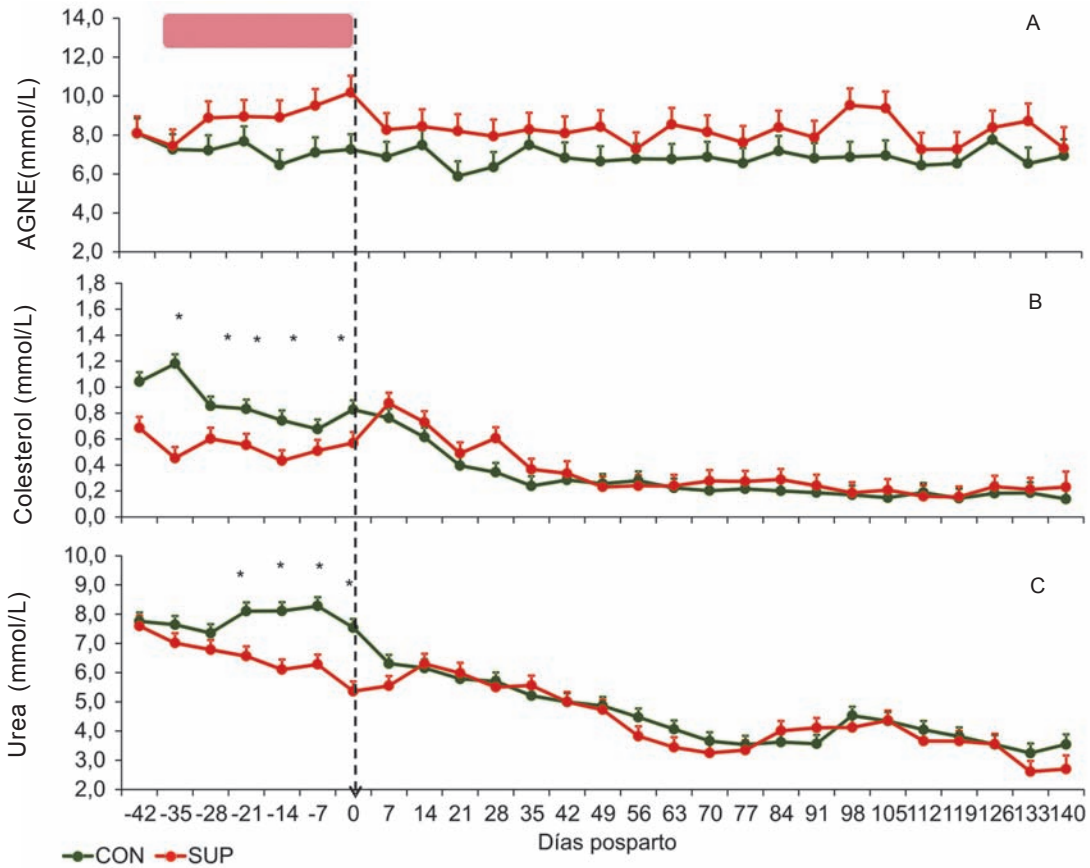


Figura 3. (A) Concentraciones (promedio ± ee) de insulina, (B) de ácidos grasos no esterificados (AGNE) y (C) de urea en suero del Experimento 1 desde el día -42 hasta el día 140 posparto. La barra rosada representa el período de suplementación de 36 ± 8 días y la línea punteada representa el parto, *P<0,05.

Los terneros hijos de las vacas SUP y CON presentaron similares PV al nacer (35,7 ± 3,8 kg) y similares PV al destete (137 ± 3,8 kg). La ganancia media diaria de peso de los terneros hijos de vacas de ambos manejos nutricionales preparto no presentaron diferencias promediando 0,660 ± 0,05 kg/a/d.

Las vacas SUP presentaron en promedio mayores (P<0,05) concentraciones de insulina respecto a vacas CON (8,6 ± 0,5 vs. 7,1 ± 0,5 µUI/mL, para vacas SUP y CON, respectivamente, Figura 3A).

Las concentraciones de AGNE de las vacas SUP Y CON disminuyeron (P<0,01) desde el inicio del experimento hasta el día 119 pp. Las vacas CON presentaron mayores (P<0,01) concentraciones de AGNE que las SUP desde el día -42 hasta el parto, mientras que las vacas SUP presentaron mayores concentraciones de AGNE que las vacas CON en los días 7 y 21 pp (Figura 3B).

Las concentraciones de urea disminuyeron (P<0,01) desde inicio del período experimental hasta los 119 días pp. Las diferencias en las concentraciones de urea estarían explicadas principalmente por una mayor concentración de este metabolito en las vacas CON desde el día -21 hasta el parto (Figura 9B). A partir del parto las concentraciones de urea fueron similares entre vacas de ambos grupos.

A los 90 días pp, que corresponde a la mitad del período de entore, no se observaron diferencias en la probabilidad de vacas ciclando (14 vs. 36% para CON y SUP, respectivamente). La duración del APP fue similar para las vacas CON y SUP (150 ± 8, días). El período parto-concepción fue simi-

Cuadro 3. Desempeño reproductivo de vacas primíparas del Experimento 1

	CON	SUP	P-VALOR
Porcentaje de vacas ciclando a los 90 días pp [%,(n/n)]	14 (1/14)	36 (4/11)	0,16
Anestro posparto (APP, días)	156 ± 8	144 ± 8	0,26
Período parto-concepción (días)	135 ± 7	128 ± 7	0,59
Preñez [%,(n/n)]	36 (5/14)	36 (4/11)	0,97

CON: vacas control; SUP: vacas suplementadas preparto.

lar entre vacas SUP y CON (Cuadro 3). El porcentaje de vacas preñadas fue similar entre tratamientos (36%).

Experimento 2

No se observaron diferencias en el PV o en la CC entre vacas CON y SUP cuando fueron suplementadas con afrechillo de arroz entero en el preparto (405 ± 7,6 kg. de PV y 3,8 ± 0,04 u de CC; Figura 4A).

La producción promedio de leche fue similar entre las vacas SUP y las CON (6,3 ± 0,25 kg/d) en el período muestreado. La producción de leche decreció linealmente (P<0,01) desde 8,6 a 5,1 ± 0,5 kg/d desde el día 15 hasta el día 156 pp.

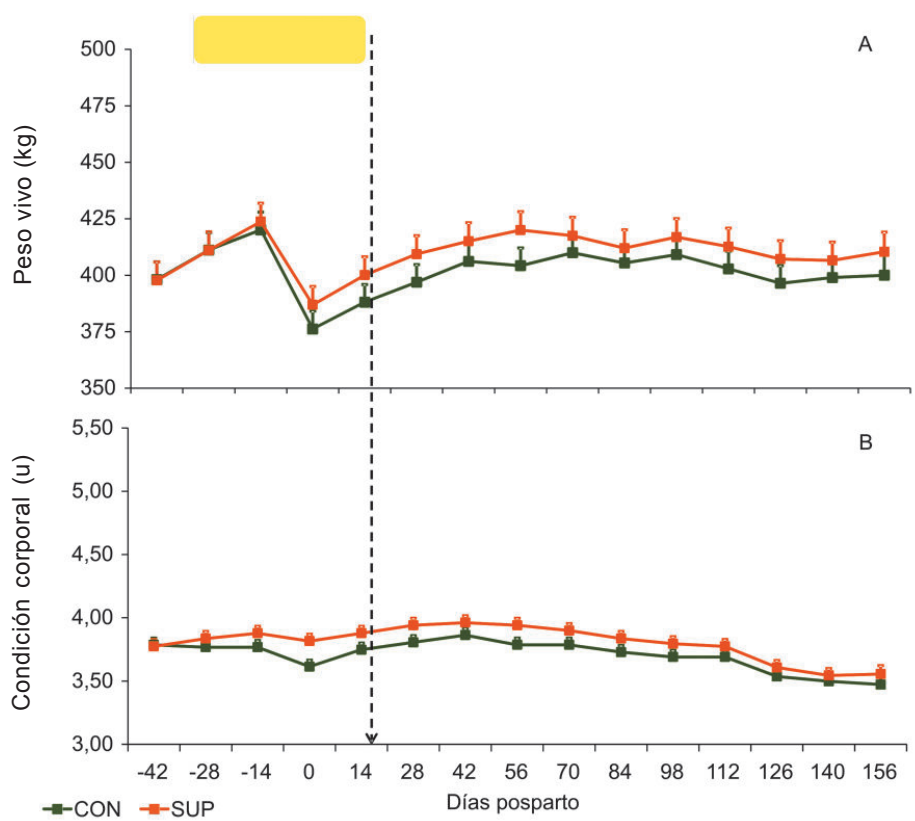


Figura 4. Peso vivo (A) y condición corporal (B) promedio (± ee) del Experimento 2 desde el día –42 hasta el día 156 posparto. La barra amarilla representa el período de suplementación de 38 ± 5 días y la línea punteada representa el parto.

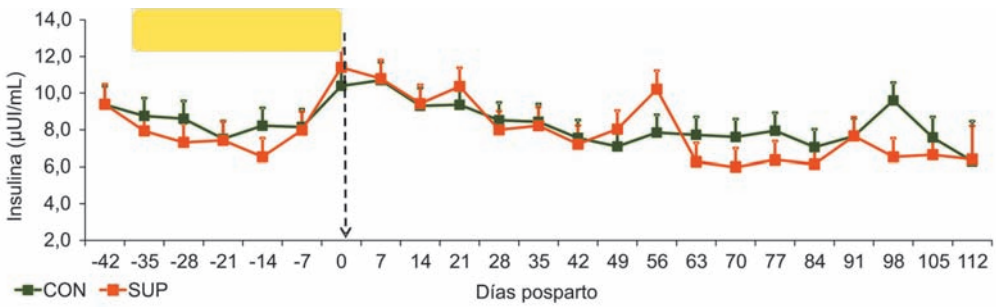


Figura 5. Concentraciones (promedio ± ee) de insulina del Experimento 2 desde el día -42 hasta el día 112 posparto. La barra amarilla representa el período de suplementación de 38 ± 5 días y la línea punteada representa el parto.

Cuadro 4. Desempeño reproductivo de vacas primíparas del Experimento 2

	CON	SUP	P-VALOR
Porcentaje de vacas ciclando a los 79 días pp [%,(n/n)]	38 (5/13)	58 (7/12)	0,32
Anestro posparto (APP, días)	101 ± 4	97 ± 4	0,41
Período parto-concepción (días)	132 ± 8	120 ± 8	0,33
Preñez [%,(n/n)]	31 (4/13)	50 (6/12)	0,33

CON: vacas control; SUP: vacas suplementadas preparto.

Los terneros hijos de las vacas SUP y CON presentaron similares PV al nacer (37,4 ± 2,6 kg) y similares pesos al destete (152 ± 1,8 kg). La ganancia media diaria de peso de los terneros hijos de vacas de ambos manejos nutricionales preparto no presentaron diferencias promediando 0,799 ± 0,01 kg/a/d.

Las concentraciones de insulina entre las vacas SUP y CON fueron similares (8,1 ± 0,6 µUI/ml; Figura 5).

No se observaron diferencias significativas en ninguna de las variables reproductivas estudiadas (Cuadro 4).

DISCUSIÓN

Una suplementación preparto en vacas primíparas en condiciones de pastoreo sobre campo natural no incrementó la CC, el desempeño reproductivo, la producción de leche ni el peso de los terneros. Sin embargo desde punto de vista metabólico la suplementación con un alimento balanceado en energía y proteína aumentó las concentraciones de insulina en sangre. Por otra parte, cuando se utilizó alimentos ricos en grasa como el afrechillo de arroz, las concentraciones de insulina permanecieron incambiadas.

Resultados similares fueron obtenidos por Alexander *et al.* (2002) quienes estudiaron suplementaciones preparto de 62 días en vacas de primara cría de razas carniceras, los cuales no encontraron una disminución de la duración del anestro posparto debido a que las mismas presentaban una alta CC. Del mismo modo, Corah *et al*. (1975) no apreciaron diferencias en el intervalo parto-primer celo (42-52 días) en vacas primíparas cuando se manejaron con bajos y adecuados niveles de energía 100 días preparto, debido a una excelente condición corporal, medida a través de la grasa dorsal al inicio del experimento. Bellows *et al.* (2001) reportaron aumentos en la tasa de preñez en vacas primíparas para carne, cuando fueron suplementadas 65 días previo al parto con dietas ricas en grasas (4,7; 3,8 y 5,1 % Extracto Etéreo) respecto a vacas control (2,4 % EE). A pesar de ello, esto autores en un segundo trabajo no apreciaron

las diferencias halladas en el experimento anterior. La principal diferencia entre los dos estudios estuvo explicada por diferencias en la disponibilidad de forraje. Las diferencias entre los resultados de los diversos trabajos pueden deberse a diferencias en las condiciones experimentales, principalmente en diferencias en la CC al parto. Es de amplio conocimiento que las vacas que presentan al parto CC moderada a buena, expresan en general un buen desempeño reproductivo (Wiltbank *et al.,* 1962; Randel, 1990; Short *et al.,* 1990). Por otro lado, vacas con muy baja CC al parto tienen mayores posibilidades de presentar períodos de APP más largo incluso ofreciéndoles altos niveles energéticos en el pp (DeRouen *et al.,* 1994).

En el Experimento 1 las vacas SUP fueron 18 kg más pesadas que las vacas CON desde el parto hasta el día 56 pp. Esta diferencia pudo ser debida a una mayor ganancia de peso (0,400 kg/d) durante la suplementación, no siendo suficiente para modificar la CC. En las vacas adultas, el cambio de peso, generalmente está relacionado a cambios en la CC, con excepción a los cambios en el peso asociado a la preñez o parto, pero en vacas primíparas, esta asociación es menor, aun cuando el peso continua aumentando el mismo puede deberse al crecimiento de tejido óseo y muscular (Wettemann, 1994) generando diferencias en los costos energéticos para mantenimiento. Por otra parte los animales más jóvenes presentan un peso relativo de tejidos de alta intensidad metabólica más alto que animales adultos. La mayor proporción relativa del peso de órganos viscerales en los animales jóvenes explicaría la mayor demanda energética por unidad de peso (Di Marco, 1996). Por lo tanto una vaca en crecimiento tendría un mayor costo energético para mantenimiento por kg de peso vivo.

Por lo mencionado anteriormente el desempeño reproductivo de las vacas primíparas constituye un reto para el sistema de producción puesto que aun no han completado el proceso de crecimiento (Lalman *et al.,* 2000). Es así que si se analizan los perfiles de AGNE y urea del Experimento 1 se observa que vacas CON tuvieron mayores concentraciones de estos metabolitos respecto a las vacas SUP en el preparto, probablemente indicando un período de BEN y movilización de tejido adiposo y muscular para el mantenimiento y crecimiento fetal (Freetly *et al.,* 2008).

Desde punto de vista hormonal las vacas SUP del Experimento 1 presentaron mayores concentraciones de insulina que las vacas CON. Sin embargo esto no estuvo asociado con una mejora del desempeño reproductivo. Las concentraciones de insulina en sangre están directamente asociadas a los niveles nutricionales (Gong *et al.,* 2002; Sinclair *et al.,* 2002) y afecta la partición de nutrientes entre diferentes órganos y tejidos (Vernon, 1989) jugando un rol central en el monitoreo de la homeostasis (Chilliard *et al.,* 1998). Se ha informado que una mejora en la disponibilidad de energía en vacas primíparas con baja CC aumenta las concentraciones de insulina en suero, sin mejora de su rendimiento reproductivo Probablemente, la insulina no estaría relacionada directamente con el reinicio de la ciclicidad ovárica en vacas en crecimiento (Vizcarra *et al.,* 1998) si no que estaría vinculada al crecimiento de tejidos muscular y óseo (Spitzer *et al.,* 1995). En este sentido el crecimiento es un proceso multifactorial complejo que involucra la hormona de crecimiento (GH), también conocida como somatotropina, hormona importante en el control del metabolismo energético y del crecimiento en los mamíferos, incluyendo a los bovinos (Etherton, 1982). En nuestro estudio, las concentraciones de GH en suero no fueron evaluadas, pero es plausible especular que la hormona GH estaría implicada en el aumento de las concentraciones de insulina junto con el aumento de energía y proteína proporcionada por el balanceando del Experimento 1 y por lo tanto favoreciendo el crecimiento de las vacas. Según la bibliográfica consultada existe un consenso en que el aumento de glucemia en sangre lleva a un concomitante aumento de la liberación de insulina, junto con la disponibilidad de aminoácidos favoreciendo de esta forma la síntesis de tejido muscular en animales en crecimiento (Relling y Mattioli, 2003; Feng *et al.,* 2009). Por otra parte en el Experimento 2 si bien la suplementación aportó niveles importantes de energía

(aprox.10,5 Mcal/a/d) no se observaron diferencias en las concentraciones de insulina ni del PV pese a que el peso de las vacas SUP fuera levemente superior a vacas CON.

En la naturaleza la reproducción no es un proceso esencial para la sobrevivencia del animal, de aquí que este proceso puede cesar antes de que el animal experimente deficiencias de nutrientes (Dunn y Moss, 1992). Resultados similares a los nuestros fueron encontrados por Martin *et al.* (2005) con una suplementación de 45 días preparto, quienes no reportaron mejoras en los parámetros reproductivos en vacas primíparas. Es probable que las vacas SUP del Experimento 1, ante un escenario general de baja disponibilidad de nutrientes, hayan priorizado el crecimiento frente a la reproducción (Spitzer *et al.,* 1995), lo cual se evidenció en mayores PV de las vacas SUP desde el parto hasta los 56 días pp.

Las diferentes respuestas entre los dos experimentos se podrían explicar por las diferencias en las fuentes de energía ya que el afrechillo de arroz del Experimento 2 posee una elevada concentración de lípidos (con 18% de EE) donde el metabolismo de los mismos involucra diferentes metabolitos y hormonas que aun no fueron evaluados en el presente trabajo.

No se observaron diferencias en el peso al nacer, ni en la producción de leche ni en el peso al destete de los terneros entre vacas SUP y CON en ambos experimentos.

Es interesante observar que en el Experimento 1 las vacas SUP presentaron mayores pesos y CC, menor producción de leche y menor peso al destete de los terneros que las vacas SUP del Experimento 2. Si bien el diseño experimental no permite realizar un análisis estadístico comparando ambos experimentos es dable remarcar que en el Experimento 2 la suplementación con afrechillo de arroz en vacas primíparas con bajas CC (entre 3,5 y 4 u) produjo una mayor producción de leche (8,2 y 5,1 kg/d para Experimento 2 y 1, respectivamente). Por otra parte, la producción de leche del Experimento 2 es similar a valores reportados en vacas multíparas para carne (Quintans *et al.,* 2010; Randuz *et al.,* 2010; Quintans *et al.,* 2012). Si bien no se ha analizado la composición química de la leche, ni los perfiles metabólicos, es posible especular que el aporte de energía dada por los lípidos del afrechillo pudieron re-direccionar las señales metabólicas hacia una mayor producción de leche y/o mayor concentración de grasa en la leche.

CONSIDERACIONES FINALES

En resumen, con la información generada en estos dos experimentos sobre una suplementación de corta duración antes del parto en vacas primíparas, ya sea con un balanceado energético-proteico o con afrechillo de arroz, no incrementó el desempeño reproductivo. A diferencia de lo reportado en vacas multíparas (Scarsi *et al.,* 2013 en esta ST) este manejo en vacas en crecimiento repercutió de forma diferente, confirmando que esta categoría responde de forma diferente a distintos estímulos. Nuevas interrogantes se generan sobre los mecanismos que operan en la interacción nutrición-reproducción donde se requiere generar más información a nivel nacional.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal de apoyo del Programa Carne y Lana de la Unidad Experimental Palo Pique y al personal de La Estación Experimental del Este por el compromiso, responsabilidad y dedicación con que realizan su trabajo día a día.

A la ANII por la beca de posgrados ya que el Experimento 1 formó parte de la Tesis de Maestría de la Ing. Agr. Scarsi

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, B.M.; HESS, B.W.; HIXON, D.L.; GARRETT, B.L.; RULE, D.C.; MCFARLAND, M.; BOTTGER, J.D.; SIMMS, D.D.; MOSS, G.E. 2002. Influence of pre-partum fat supplementation on subsequent beef cow reproduction and calf performance. The Professional Animal Science 18 (4): 351-357.

BELLOWS, R.A.; GRINGS, E.E.; SIMMS, D.D.; GEARY, T.W.; BERGMAN, J.W. 2001. Effects of feeding supplemental fat during gestation to first-calf beef heifers. The Professional Animal Scientist 17 (1): 91-89.

CHAGAS, L.M.; RHODES, F.M.; BLACHE, D.; GORE, P.J.S.; MACDONALD, K.A.; VERKERK, G.A. 2006. Precalving effects on metabolic responses and postpartum anestrus in grazing primiparous dairy cows. Journal of Dairy Science 89 (6): 1981-1989.

CHILLIARD, Y.; BOCQUIER, F.; DOREAU, M. 1998. Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. Reproduction Nutrition Development 38 (2): 131-152.

CORAH, L.R.; DUNN, T.G.; KALTENBACH, C.C. 1975. Influence of prepartum nutrition on the reproductive performance of beef females and the performance of their progeny. Journal of Animal Science 41 (3): 819-824.

DEROUEN, S.M.; FRANKE, D.E.; MORRISON, D.G.; WYATT, W.E.; COOMBS, D.F.; WHITE, T.W.; HUMES, E.; GREENE, B.B. 1994. Prepartum body condition and weight influences on reproductive performance of first-calf beef cows. Journal of Animal Science 72 (5): 1119-1125.

DI MARCO, O.N. 1996. Crecimiento de vacunos para carne. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Mar del Plata, Argentina.

DUNN, T. G.; MOSS, G. E. 1992. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. Journal of Animal Science. 70(5):1580-1593.

ETHERTON, TD. 1982. The role of insulin-receptor interactions in regulation of nutrient utilization by skeletal muscle and adipose tissue: A review. Journal of Animal Science 54 (1): 58-67.

FENG, J.; GU, Z.; WU, M.; GWAZDAUSKAS, F.C.; JIANG, H. 2009. Growth hormone stimulation of serum insulin concentration in cattle: Nutritional dependency and potential mechanisms. Domestic Animal Endocrinology 37, 84-92.

FREETLY, H.C.; NIENABER, J.A.; BROWN-BRANDL, T. 2008. Partitioning of energy in pregnant beef cows during nutritionally induced body weight fluctuation. Journal of Animal Science 86 (2): 370-377.

GONG J.G.; LEE W.J.; GARNSWORTHY P.C. AND WEBB R. 2002. Effect of dietary-induced increases in circulating insulin concentrations during the early postpartum period on reproductive function in dairy cows. Reproduction 123, 419-427.

LALMAN, D.L.; WILLIAMS, J.E.; HESS, B.W.; THOMAS, M.G.; KEISLER, D.H. 2000. Effect of dietary on milk production and metabolic hormones in thin, primiparous beef heifers. Journal of Animal Science 78 (3): 530-538.

LAMMOGLIA, M.A.; WILLARD, S.T.; HALLFORD, D.M.; RANDEL, R.D. 1997. Effects of dietary fat on follicular development and circulating concentrations of lipids, insulin, progesterone, estradiol-17 beta, 13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin F(2 alpha), and growth hormone in estrous cyclic Brahman cows. Journal of Animal Scince 75 (6): 1597-1600.

MARTIN, J.L.; RASBY, R.J.; BRINK, D.R.; LINDQUIST, R.U,; KEISLER, D.H. AND KACHMAN S.D. 2005. Effects of supplementation of whole corn germ on reproductive performance, calf perforamce, and lepstin concentration in primiparous and mature beef cows. Journal of Animal Science 83, 2663-2670.

PATTERSON, H.H.; KLOPFNSTEIN, T.J.; ADAMS, D.C.; MUSGRAVE, J.A. 2003. Supplementation to meet metabolizable protein requirements of primiparous beef heifers: I. Performance, forage intake, and nutrient balance. Journal of Animal Science 81 (3): 800-811.

QUINTANS, G.; BANCHERO, G.; CARRIQUIRY, M.; LÓPEZ, C.; BALDI, F. 2010. Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. Animal Production Science 50 (10): 931-938.

QUINTANS, G.; VELAZCO, J.I.; SCARSI, A.; LÓPEZ-MAZZ, C; BANCHERO, G. 2012. Effect of nutritional management during the postpartum period of primiparous autumn-calving cows on dam and calf performance under range conditions. Livestock Science 144. 103-109.

RANDEL, R.D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. Journal of Animal Science 68 (3): 853-862.

RADUNZ, A.E.; FLUHARTY, F.L.; DAY, M.L.; ZERBY, H.N.; LOERCH, S.C. 2010. Prepartum dietary energy source fed to beef cows: I. Effects on pre- and postpartum cow performance. Journal of Animal Science 88 (8): 2717-2728.

RELLING, A.E.; MATTIOLI, G.A. 2003. Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. Ed Universidad Nacional de La Plata. EdulP. La Plata, Buenos Aires. 72 p.

SAS; 2010. User's Guide: Statistics, Version 9. SAS Inst., Inc., Cary, NC.

SHORT, R.E.; BELLOWS, R.A.; STAIGMILLER, R.; BERARDINELLI, J.G.; CUSTER, E.E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. Journal of Animal Science 68 (3): 799-816.

SINCLAIR, K.D.; MOLLE, G.; REVILLA, R.; ROCHE, J.F.; QUINTANS, G.; MARONGIU, L.; SANZ, A.; MACKEY, D.R.; DISKIN, M.G. 2002. Ovulation of the first dominant follicle arising after day 21 postpartum in suckling beef cows. Animal Science 75 (1): 115-126.

SPITZER, J.C.; MORRISON, D.G.; WETTEMANN, R.P.; FAULKNER, L.C. 1995. Reproductive responses and calf birth and weaning weights as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. Journal Animal Science 73 (5): 1251-1257.

VERNON, R.G. 1989. Endocrine control of metabolic adaptation during lactation. Proceedings of the Nutrition Society 48 (1): 23-32.

VIZCARRA, J.A.; WETTEMANN, R.P.; SPITZER, J.C.; MORRISON, D.G. 1998. Body condition at parturition and postpartum weight gain influence luteal activity and concentrations of glucose, insulin, and nonesterified fatty acids in plasma of primiparous beef cows. Journal of Animal Science 76 (4): 927-936.

WETTEMANN, R. P. 1994. Management of nutritional factors affecting the prepartum and postpartum cow. In: Factors Affecting Calf Crop. Ed M. J. Fields R S. Sand CRC press Boca raton Florida.155-165 pp.

WILTBANK, J. N.; ROWDWN, W. W.; INGALLS, J. E.; GREGORY, K. E.; KOCH, M. 1962. Effect of energy level on reproductive phenomena of mature Hereford cows. Journal of Animal Science. 21(2): 219-225.

ALTA Y BAJA ASIGNACIÓN DE FORRAJE ANTES DEL PARTO: EFECTOS SOBRE VARIABLES PRODUCTIVAS Y REPRODUCTIVAS. RESULTADOS PRELIMINARES

Carolina Briano[1], Antonia Scarsi[2]
José I. Velazco[3], María Bakker[4]
Georgget Banchero[5], Ana Meikle[6]
Graciela Quintans[7]

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar 2 asignaciones de forraje (AF) pre-parto en variables productivas de vacas primíparas y multíparas, así como estudiar los mecanismos hormonales y/o metabólicos involucrados cuando se manejan estas diferencias nutricionales pre-parto. Seis semanas antes del parto, 40 vacas primíparas (P) y 42 vacas multíparas (M) fueron sorteadas a dos AF de campo natural hasta el parto (día 0): Alta (15 kg MS/100 kg PV, A) y Baja (5 kg MS/100 kg PV, B). Se registró PV, CC, producción de leche (PL), porcentaje de vacas ciclando al inicio del entore y porcentaje de preñez, así como el consumo individual promedio por la técnica de alcanos y la concentración en sangre de AGNE, BHB y leptina. También se registró el PV de los terneros. Una mayor asignación de forraje generó un mayor ($P<0,05$) aporte de nutrientes previo al parto, 27,1 ±1,3 vs. 22,0 ± 1,3 Mcal/d de energía metabolizable, para el grupo de Alta y Baja respectivamente. Esta mejora nutricional provocó una menor movilización de reservas, una mejora en la performance reproductiva tanto de vacas multíparas como primíparas, así como una mejor performance de los terneros en los primeros 56 días de edad, sin aumentar el peso al nacer. Las vacas primíparas tendieron ($P= 0,108$) a consumir menos forraje que las multíparas lo que generó un menor aporte de nutrientes (M: 27,6 ± 1,3 y P: 21,7 ± 1,3 Mcal/d de energía metabolizable), lo cual sumado a la mayor demanda de nutrientes que implica el crecimiento durante la gestación, generó un mayor balance energético negativo en las vacas primíparas respecto a las multíparas. Esto se vio reflejado en la baja performance reproductiva de las vacas primíparas respecto a las multíparas.

Palabras clave: vacas**,** pasturas naturales pre-parto, consumo, *n*-alcanos, reproducción

[1]D.M.V. Estudiante de Maestría de la Facultad de Veterinaria. Beca ANII.
[2]Ing. Agr., Msc. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[3]Ing. Agr. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[4]D.M.V. PhD. Facultad de Veterinaria de Tandil, Argentina
[5]D.M.V. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA La Estanzuela.
[6]D.M.V. PhD. Laboratorio de Técnicas Nucleares. Facultad de Veterinaria.
[7]Ing. Agr., PhD. Programa Nacional de Carne y Lana. –INIA Treinta y Tres.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate two different levels of pre-partum forage allowances (HA) on performance of primiparous and multiparous cows, and study the hormonal and/or metabolic mechanisms involved when they are offered two different pre-partum levels of herbage allowances. Six weeks pre-partum, 40 primiparous (P) and 42 multiparous cows (M) were assigned randomly to one of two different levels of herbage allowances: High (15 kg MS/100 kg PV, H) and low (5 kg MS/100 kg PV, L). Live weight (LW) and body condition score (BCS) of cows, milk production, LW of calves, number of anoestrus cows and pregnancy rate was determined. Also it was estimated dry matter intake by *n*-alkane technique and blood concentration of NEFA, BHB and leptin. Higher forage allowance resulted in a greater (P <0,05) nutrient supply before birth (27,1 ± 1,3 vs. 22,0 ± 1,3 Mcal/d of *metabolizable energy*), this nutritional improvement caused less body reserves mobilization and an improvement of the reproductive performance for both primiparous and multiparous cows. It also produced a better calf's performance in their first 56 days of age although there was not an increase in birth weight. Primiparous cows tended (P = 0,108) to consume less forage than multiparous that resulted in a lower nutrient supply (M: 27,6 ± 1,3 y P: 21,7 ± 1,3 Mcal/d of *metabolizable energy*), in addition to this the increased demand for nutrients that involves growth during pregnancy, resulted in a greater negative energy balance for primiparous cows compared to multiparous. This was reflected in the low reproductive performance of primiparous cows compared to multiparous cows.

Key words: cows, native pastures pre-partum, intake, *n*-alkane, reproduction

INTRODUCCIÓN

La cría vacuna en el Uruguay presenta en general bajos índices de procreo, los que atentan contra una cría eficiente (Short *et al.,* 1990). Estos índices se han situado en los últimos 15 años en 73% de preñez y en 62% de destete (DIEA- MGAP 2010). Una de las principales causas de la baja performance reproductiva es el largo período de anestro pos-parto, causado por la inhibición del amamantamiento sobre la ovulación (Short *et al.,* 1990; Williams *et al.*, 1990) y el pobre estado nutricional antes y/o después del parto (Short *et al.,* 1990, Randel, 1990). Este trabajo es parte de una línea de investigación que tiene como objetivo principal estudiar el efecto de una corta intervención nutricional antes del parto sobre el posterior desempeño animal, tanto en vacas como en terneros. En tal sentido se han encontrado resultados promisorios a nivel productivo y reproductivo al realizar suplementaciones de corta duración con concentrados en vacas de carne (Quintans *et al.,* 2009; Quintans *et al.,* 2009a; Scarsi *et al.,* 2010, Scarsi *et al.,* 2010a, Scarsi *et al.* 2010b). Nuestro objetivo fue evaluar el efecto de 2 asignaciones de forraje de campo natural contrastantes antes del parto, en variables productivas y reproductivas de forma comparativa entre vacas primíparas y multíparas (manejadas conjuntamente). Del mismo modo evaluar cuales son los mecanismos hormonales y/o metabólicos involucrados en el periparto cuando se manejan estas diferencias nutricionales preparto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento se realizó en la Unidad Experimental «Palo a Pique» (UEPP), INIA Treinta y Tres, Uruguay desde abril del 2011 a marzo del 2012.

Diseño experimental

Del rodeo general de la UEPP, seis semanas previas al parto previsto, se seleccionaron 40 vacas primíparas (P) y 42 vacas multíparas (M), de raza Hereford y cruzas (Aberdeen Angus x Hereford) por fecha probable de parto. Los animales seleccionados se pesaron y se registró la condición corporal (CC) acorde a una escala modificada por

Vizcarra *et al.* (1986) siendo 1 descarnado y 8 obeso. Las vacas primíparas al inicio del experimento pesaban 349,8 ± 5,7 kg (promedio ± ee) y tenían una CC de 3,6 ± 0,04 mientras que las vacas multíparas pesaban 426,8 ± 5,5 kg y tenían una de CC 3,4 ± 0,04. Ambos grupos de vacas (P y M) fueron asignadas de forma aleatoria por fecha probable de parto, peso y CC a dos asignaciones forrajeras diferentes sobre campo natural el cual tenía una altura promedio de 4,6 cm. A un grupo se le asignó 15 kg MS/100 kg PV (Alta, A) y al otro grupo 5 kg MS/100 kg PV (Baja, B). Las asignaciones de forraje diferenciales fueron obtenidas mediante la realización de franjas semanales. El manejo diferencial comenzó 42 ± 5 días antes del parto y finalizó al parto (Día 0). Luego del parto los animales fueron manejados como un solo grupo y pastorearon sobre pasturas naturales con una asignación de 12 kg MS/100 kg PV. En ambos períodos los animales tuvieron buen acceso a agua y sombra. Las vacas fueron servidas por monta natural con 3 toros de fertilidad probada. El entore comenzó 70 ± 5 días pos-parto (pp) y duró 60 días. Los terneros fueron destetados a los 168 ± 5 DPP.

Determinaciones en los animales

El PV y la CC se registró cada 14 días desde el día -56 hasta el 168 pp, registrándose ambas también al parto. Las muestras de sangre se colectaron cada 7 días desde el día -49 ± 2 al 126 ± 2 por venopunción de la yugular utilizando Vacutest ® tubos (8 ml) que contenían gel y activador del coágulo. Dentro de las 3 horas siguientes a la colecta, las muestras fueron centrifugadas (3000 rpm durante 15 min a 4 °C) y el suero se almacenó a -20 °C para su posterior análisis.

La producción de leche se determinó a intervalos de 28 días desde el día 28 ± 2 al 168 ± 2 pp por el método de vaciado previo y ordeño mecánico (Quintans *et al.,* 2008). El PV de los terneros se determinó al nacer y cada 2 semanas hasta el destete (168 ± 5 días pp). La tasa de ganancia diaria (TGD) fue calculada en tres períodos, período 1: desde el nacimiento al día 56 ± 5 pp; período 2: desde el día 56 ± 5 al 112 ± 5 pp y período 3: desde el día 112 ± 5 pp al destete (día 168 ± 5 pp).

Se determinó el número de vacas ciclando, en anestro superficial o anestro profundo al inicio del entore (Día 70±5 pp) para lo cual se examinaron los ovarios 2 veces a intervalo de 10 días por ecografía transrectal con un equipo ALOKA SSD 500 (Echo camera, Aloka Co., Ltd., Tokio, Japón) con un transductor rígido lineal de 5 Mhz. Se definió como animal ciclando, el que presentaba un cuerpo lúteo (CL) en al menos una de las dos ecografías realizadas; animal en anestro superficial, al que no presentaba cuerpo lúteo y el diámetro del folículo mayor era igual o superior a 8 mm y animal en anestro profundo, cuando no presentaba cuerpo lúteoy el diámetro del folículo mayor era inferior a 8 mm. Se determinó el porcentaje de vacas preñadas, para lo cual se realizó el diagnóstico de gestación con el mismo equipo a los 45 días luego de retirados los toros.

El consumo individual promedio diario (kg MS/vaca/d) se estimó por la técnica de *n*-alcanos a una submuestra de cada grupo (6 por grupo) entre el día -28 ± 4 y -16 ± 4, para lo cual desde el día -33 ± 4 al -16 ± 4 todas las vacas seleccionadas se dosificaron con 400 mg/d de *n*-dotriacontane (C32) en pellets de celulosa por vía oral. Desde el día -28 ± 4 al -16 ± 4 se recolectaron muestras de heces del recto dos veces por día (AM y PM) y día por medio se recolectaron muestras de pasto de las zonas de pastoreo. Las muestras de pasto y de heces fueron secadas y molidas para su posterior análisis en el laboratorio de alcanos del Departamento de Producción Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UNCPBA, Tandil, Argentina. La extracción y purificación de las muestras de heces y pasto se realizaron según el método propuesto por Dove y Mayes (2006) con modificaciones según Bakker y Alvarado (2006). El análisis de los *n*-alcanos se realizó mediante cromatografía gas-líquido capilar con un equipo HP 6890 con inyector automático y detector de llama. Se utilizó una columna DB-1 (JW) (15 mxo.53 mm d.i., espesor de film: 1µm) y helio como gas portador a 10 ml/min con flujo constante.

Determinaciones hormonales y de metabolitos

Los ácidos grasos no esterificados (AGNE) y ß-hidroxibutirato (BHB) se determinaron por espectrofotometría en un Vitalab Spectra 2 autoanalizador (Vital Scientific NV, Dieren, Países Bajos). Todas las muestras se analizaron en el Laboratorio Miguel C. Rubino, Montevideo, Uruguay. El kit utilizado para determinar AGNE fue Kit NEFA-HR (2), la repetibilidad, la reproducibilidad y la incertidumbre expandida fueron 0,94%, 3,55% y 1,88%, respectivamente. El kit utilizado para determinar ß-hidroxibutirato fue RANBUT (Lab RANDOX), la repetibilidad, la reproducibilidad y la incertidumbre expandida fueron 2,90%, 3,09% y 5,80%, respectivamente.

Las concentraciones de leptina fueron determinadas utilizando RIA en fase líquida usando un kit comercial Multi-Species Leptin kit (RIA kit, Millipore, Los Ángeles, USA). La sensibilidad del ensayo fue de 2,1 ng/mL. Los CV intra-ensayo e inter-ensayo para el control 1 (3,8 ng/mL) fueron 14,6 y 16,6% y para el control 2 (13,2 ng/mL) fueron de 13,3% y 14,4%. Estas mediciones se realizaron en el Laboratorio de Técnicas Nucleares de la Facultad de veterinaria.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue un diseño completamente al azar en un arreglo factorial 2 x 2, siendo los factores la paridad (primíparas vs multíparas) y la asignación de forraje (alta vs baja). El análisis estadístico se realizó con el programa SAS (SAS v. 9.2 Institute, Inc., Cary, NC, 2008). Se realizaron análisis univariados en todas las variables para identificar valores atípicos, inconsistencias y verificar la normalidad de los residuos. Se utilizó el procedimiento de PROC MIXED de SAS v. 9.2 para las variables de distribución normal. Para las variables de distribución binomial se utilizó el PROC GENMODE de SAS 9.2. Los valores se presentan como media ± ee y el nivel de significancia utilizado fue de P<0,05.

RESULTADOS

El consumo individual estimado, expresado como gramos de MS por unidad de peso metabólico (g MS/kg $PV^{0,75}$/d), porcentaje de peso vivo y kg de materia seca consumida por animal y por día, fue afectado por la AF (Cuadro 1). La mayor asignación forrajera permitió un aumento (P<0,05) en el consumo (113 ± 29 vs. 96 ± 18 g MS/kg $PV^{0,75}$/d para las vacas en A y B, respectivamente), lo que generó un mayor aporte de nutrientes previo al parto (27,1 ± 1,3 *vs*. 22,0 ± 1,3 Mcal/d de energía metabolizable, para el grupo de Alta y Baja respectivamente).

La paridad afectó los kg de materia seca consumida por animal y por día y tendió a afectar el consumo expresado en gramos de MS por unidad de peso metabólico (g MS/ kg$PV^{0,75}$/d). El consumo voluntario de forraje de las vacas multíparas tendió a ser mayor (P=0,108) que el de las primíparas (110 ± 27 vs. 98 ± 23 g MS/kg $PV^{0,75}$/d), lo que generó un mayor aporte de nutrientes (M: 27,6 ± 1,3 y P: 21,7 ± 1,3 Mcal/d de energía metabolizable).

Las vacas M fueron más pesadas (P<0,001) que las P (440,6 ± 5,29 kg vs. 347,2 ± 5,43 kg) durante todo el período evaluado. También hubo un efecto del tiempo y una interacción paridad-tiempo (P<0,001). El PV de las vacas M durante la aplicación de los tratamientos aumentó mientras que el PV de las vacas P se mantuvo. Luego el PV de ambos grupos cayó al parto y comenzó a aumentar hasta el día 42, para luego mantenerse constante hasta el final del experimento (Figura 1). El PV de las vacas A se comportó de forma similar a las vacas M, aumentando de peso previo al parto, cayendo al parto y recuperándose en los siguientes 42 días pos-parto. El PV de las vacas B por el contrario se comportó de forma similar al PV de las vacas P, manteniendo el peso previo al parto, cayendo al parto y recuperándose en los primeros 42 días pos-parto. De igual forma se observó un efecto (P<0,01) de la interacción paridad por tiempo en la CC. Previo al parto las vacas P perdieron 0,41 unidades de CC alcanzando la menor CC al parto (3,2u ± 0,04);

Cuadro 1. Consumo de forraje estimado expresado como gramos de MS por unidad de peso metabólico (g/kg $PV^{0,75}$/d MS), porcentaje de peso vivo (%PV), kg de materia seca consumida por animal y por día (kg/día MS) y kg de materia verde consumida por animal y por día (kg/día MV) en vacas multíparas (M) y primíparas (P) en alta (A) o baja (B) asignación de forraje

	Tratamientos					Valor –P		
Variable	**MA**	**MB**	**PA**	**PB**	**e.e.m.**	**Tratamiento**	**Paridad**	**T*P**
G/kg $PV^{0,75}$/d MS	115,9	105,1	109,6	81,3	7,3	<0,05	0,108	0,4158
%PV	2,5	2,3	2,5	1,9	0,17	0,018	0,126	0,216
kg/día MS	10,9	9,6	9,3	6,8	0,6	0,008	0,002	0,359
kg/día MV	32,0	28,0	27,0	20,0	1,7	0,018	0,126	0,216

luego en el pos-parto la CC de las vacas P se mantuvo constante hasta el final del experimento (Figura 1D). Por el contrario la CC de las vacas M se mantuvo en el entorno de 3,5 ± 0,04 a lo largo de todo el período experimental. La CC fue afectada por la AF (P<0,01), observándose que las vacas A, tuvieron una mayor CC que las vacas B (3,5 ± 0,04 vs 3,3 ± 0,04; Figura 1C). Las vacas A tuvieron una caída menor de la CC previo al parto, generando una diferencia que se mantuvo luego en el pos-parto.

La producción de leche fue afectada por la AF, la paridad y el tiempo, pero no hubo interacciones entre estos efectos. El efecto del tiempo se vio reflejado en la disminución de la producción de leche desde el Día 28 pp (7,0 ± 0,5 kg/d) hasta el destete (4,4 ± 0,5 kg/d). Las vacas A tuvieron una mayor (P=0,01) producción de leche promedio que las vacas B (5,4 ± 0,2 kg/d vs. 4,6 ± 0,2 kg/d). Las vacas M tuvieron una mayor (P=0,01) producción de leche promedio que las vacas P (5,6 ± 0,2 kg/d vs. 4,5 ± 0,2 kg/d).

El PV de los terneros al nacimiento fue superior (P<0,0001) para los nacidos de vacas M respecto a los de las vacas P (34,3 ±

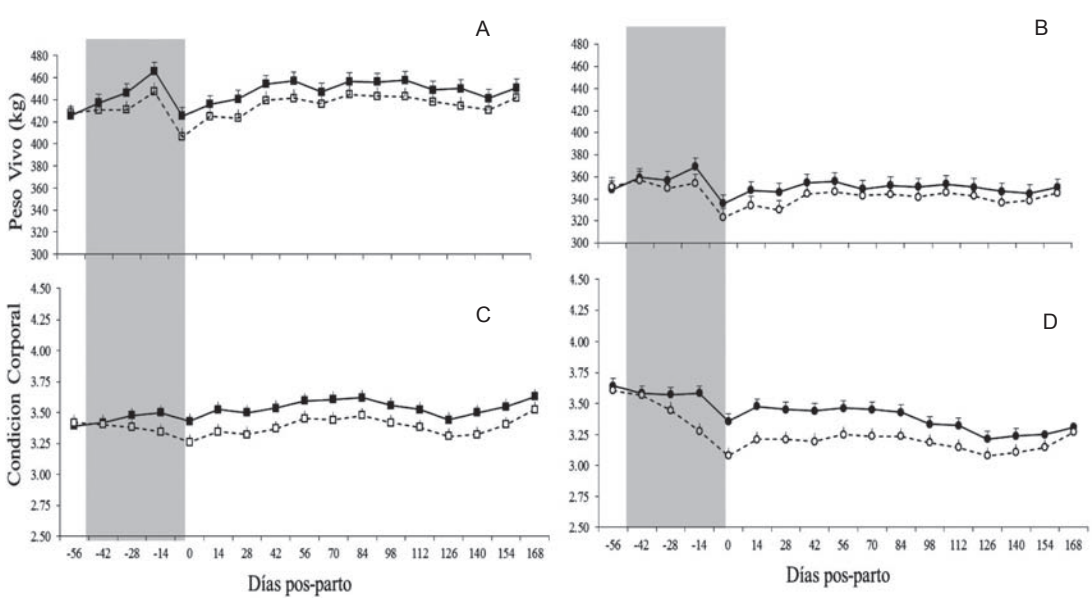


Figura 1. Peso vivo (A,B) y Condición corporal (C,D) de vacas multíparas (A,C) y primíparas (B,D) con alta y baja asignación de forraje pre-parto desde –56 a 168 días pos-parto (día 0 = parto). Multíparas alta (■), Multíparas baja (□), Primíparas alta (●) y Primíparas baja (○). Barra gris corresponde al período que se aplicaron los tratamientos.

0,6 kg y 30,1 ± 0,6 kg). El PV al nacer de los terneros no fue afectado por la AF siendo en promedio para los dos grupos 32,2 ± 0,6 kg.

En el primer periodo, la TGD de los terneros nacidos de vacas A fue mayor (P<0,01) que la TGD de los nacidos de las vacas B (0,8823 ± 0,02 kg vs 0,821 ± 0,02 kg). De igual forma, los terneros nacidos de vacas M tuvieron mayor (P<0,01) TGD que los nacidos de vacas P (0,902 ± 0,02 kg/d vs. 0,802 ± 0,02 kg/d). En los períodos 2 y 3, esta diferencia sólo se mantuvo entre los terneros de vacas M y P (0,660 ± 0,02 kg/d vs. 0,570 ± 0,02 kg/d (P<0,01), generando pesos al destete mayores (P<0,001) en los terneros nacidos de vacas M que en los nacidos de vacas P (155,4 ± 1,7 kg y 142,4 ± 1,7 kg). Por el contrario, los pesos al destete no se vieron afectados por la AF, siendo en promedio de 148,9 ± 1,6 kg para terneros nacidos de vacas A y B. En los períodos uno y dos se encontró una correlación positiva media (R^2=0,467) entre TGD y producción de leche diaria que desapareció en el tercer período (R^2=0,014).

Al inicio del entore (Día 70 pp) un mayor porcentaje (P<0,0001) de vacas M estaban en anestro superficial, comparado con vacas P (88 vs 50%). Sin embargo la AF no afectó dicha variable siendo el promedio de vacas en anestro superficial para A y B de 69%. El porcentaje de preñez se vio afectado por la paridad (M= 62% vs P= 5%, P<0,0001) y por la AF, observándose que las vacas A presentaron mayor (P<0,05) porcentaje de preñez respecto a las vacas B (40 vs 28%). No se observó interacción entre paridad y AF para la variable preñez.

La concentración promedio de AGNE de las vacas M fue menor (P<0,001) que la de las vacas P (0,4 ± 0,02 mmo/L vs 0,5 ± 0,02 mmo/L respectivamente), mientras que la concentración promedio de AGNE de las vacas A fue similar a la de las vacas B (0,45 ± 0,02 mmol/L; Figura 2AB). La concentración de AGNE de las vacas P fue superior a la de las vacas M durante la mayoría del período estudiado. La concentración de AGNE de las vacas A durante la aplicación de los tratamientos fue menor de las vacas B, luego del parto ambos grupos presentaron valores similares a lo largo del todo el período evaluado (Figura 2AB).

Se observó una interacción triple, paridad*AF*tiempo (p=0,02) al estudiar las concentraciones de BHB de los distintos grupos. La concentración de BHB de las vacas PB presentó un pico el día -35 que se mantuvo en valores elevados hasta el día -14 que retornó a los valores iniciales. MB y PA presentaron un pico similar al día -35, pero no se mantuvo en el tiempo regresando rápidamente a los valores iniciales. A partir del día -14 los 4 grupos se comportaron de forma similar, manteniéndose las concentraciones de BHB constantes a lo largo del período evaluado.

La concentración promedio de leptina de las vacas M fue similar a la de las vacas P (4,5 ± 0,9 ng/ml). De igual forma la concentración promedio de leptina de las vacas A fue similar a la de las vacas B (4,5 ± 0,9 ng/ml).

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se logró a través de diferentes asignaciones de forraje obtener consumos diferentes independientemente de la categoría animal. Los animales con mayor asignación de forraje consumieron más que los que presentaron baja AF. Hunter and Siebert (1986) no encontraron disminución del consumo voluntario de materia seca por unidad de peso vivo previo al parto (23,9 g MS/kg PV y 23,6 g MS/kg PV para los meses 7 y 9 de gestación respectivamente). Por el contrario, Stanley (1993) observó aumentos del consumo pre-parto en vacas de carne pero con una disminución puntual en el día del parto. Esto difiere de lo encontrado por varios autores (Campling, 1966, Escalera *et al.,* 2005, French, 2006, Ingvartsen y Andersen, 2000) los que han reportado disminución en el consumo voluntario en las últimas semanas pre-parto. Estos autores sugieren que la disminución del consumo se debería a factores físicos (el volumen que ocupa el feto en el abdomen disminuiría el espacio disponible para el rumen), cambios metabólicos y endocrinos. Ingvartsen y Andersen (2000) señalan que los cambios metabólicos y endocrinos serian los más importantes, es-

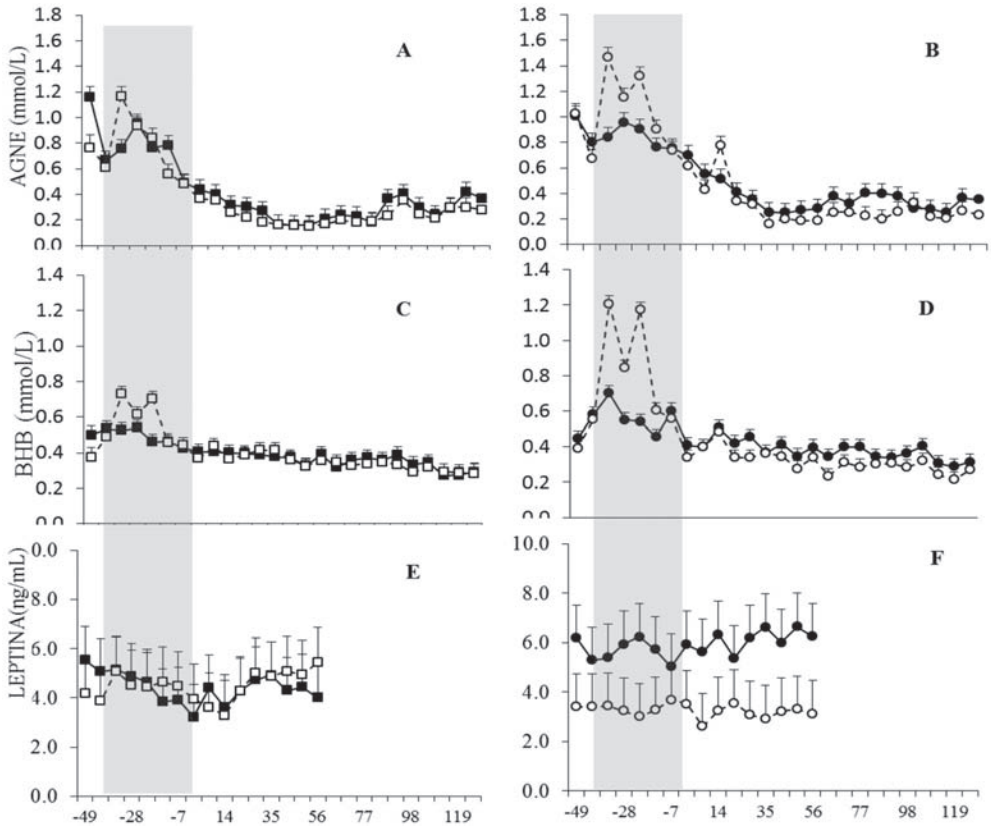


Figura 2. Concentración plasmática de AGNE (A,B), BHB (C,D) y Leptina (E,F), de vacas multíparas (A, C, E) y primíparas (B,D,F) con alta y baja asignación de forraje pre parto desde –49 a 168 días posparto (día 0 = parto). Multíparas alta (■), Multíparas baja (□), Primíparas alta (●) y Primíparas baja (○). Barra gris corresponde al período que se aplicaron los tratamientos.

tos autores encontraron que la disminución del consumo era mucho menor, llegando a ser casi imperceptible cuando se suministraban dietas bajas en energía.

Por otra parte, las vacas multíparas consumieron más kg/día MS que las primíparas lo cual coincide con lo encontrado por Ingvartsen y Andersen (2000), pero esta diferencia desaparece al comparar los consumos en función del peso metabólico o porcentaje de peso vivo. Por tanto se podría se podría sugerir que el tamaño del animal influyó sobre el consumo.

En el presente trabajo se encontró que en las últimas semanas antes del parto las vacas multíparas, a diferencia de las primíparas, aumentaron su PV. El consumo expresado en gramos de MS por unidad de peso metabólico de las vacas multíparas tendió a ser mayor que el de las primíparas. Lo anteriormente expuesto, sumado a la menor demanda de energía de las multíparas (sin requerimientos de crecimiento) podría estar explicando este aumento en el PV. Probablemente esta mayor disponibilidad de nutrientes se dirigió mayoritariamente al crecimiento del feto, ya que el PV de las vacas aumentó sin que la CC se modificara. Por el contrario, las vacas primíparas a pesar del crecimiento del feto, no aumentaron su PV. El aumento de los requerimientos energéticos del último tercio de gestación, sumado a los requerimientos de crecimiento de dicha categoría, podrían estar generando un déficit energético. Esto se vio reflejado en una mayor caída de la CC, acompañado por un aumento en la concentración de AGNE y de BHB. Al grupo PB se le sumó el bajo apor-

te de nutrientes de la dieta, lo que lo llevó a estar al límite de una cetosis subclínica (cetosis subclínica >1,2mmol/L de BHB; Duffield, 2005) durante el pre-parto, logrando recuperarse en el pos-parto, al cesar los requerimientos de la gestación, producir menos leche que los otros grupos y pastorear una mayor asignación de forraje.

La baja performance reproductiva y productiva de las vacas PB podría estar explicada por los altos niveles de BHB pre-parto ya que se ha visto una asociación entre niveles de BHB > 1,2 mmol/L con un aumento de riesgo de 3 a 6 veces de metritis, endometritis, cetosis clínica y mastitis (Duffield *et al.,* 2009). Trabajos realizados en vacas lecheras en pastoreo (Chagas *et al.,* 2006) o suplementadas preparto (Cavestany *et al.,* 2009) así como suplementaciones en vacas de carne (Quintans *et al.,* 2009), coinciden con los resultados aquí encontrados en que dicho aumento de nutrientes genera aumentos en el PV que se ven reflejados en diferencias de PV al parto. Pero estos autores también han encontrado que la CC mejoró, mientras que en nuestro trabajo solo se logró que se generara una menor caída de la CC al parto. Además si bien la movilización de reservas de las vacas A fue menor que la de las vacas B, las vacas A también movilizaron reservas en el pre-parto. Esto se visualiza en la concentración de AGNE, la cual fue superior a 0,6 mmol/L durante todo el pre-parto, lo que estaría indicando una gran movilización de reservas grasas con potenciales consecuencias en la producción futura (Carson, 2008).

La concentración plasmática de leptina no reflejó los cambios ocurridos en PV y CC entre las distintas categorías y tratamientos, probablemente debido a que las diferencias entre grupos se correspondieron a diferente grado de movilización de reservas ya que en todos los casos hay movilización durante el pre-parto, señal contraria a la generada por la leptina, la cual aumenta al aumentar las reservas grasas. De igual forma Chagas (2006) tampoco encontró diferencia en las concentraciones de leptina entre grupos alimentados con distinta oferta de nutrientes.

Las vacas M tuvieron mayor producción de leche que las vacas P, lo que generó mayores tasas de ganancia diaria de los terneros en los tres periodos evaluados. Esta mayor producción de leche junto al mayor peso al nacer de sus terneros generó pesos al destete superiores en los terneros hijos de vacas M que en los hijos de vacas P. La asignación de forraje diferencial, tanto en M como en P, no afectó el PV al nacer de los terneros, pero sí la producción de leche. La correlación entre TGD y producción de leche diaria fue mayor al inicio de la lactancia que al final. Esto podría explicar la mayor TGD registrada desde el nacimiento hasta el día 56 de los hijos de vacas en A. La mayor producción de leche de las vacas A coincidió con lo reportado por Chagas *et al.* (2006), en vacas lecheras primíparas, quienes encontraron una mayor producción de leche en las primeras 10 semanas en las hembras a las que se les proporcionaba alimento libre frente a las hembras restringidas. Sin embargo Quintans et al. (2009, 2009a) suplementando vacas multíparas que pastoreaban campo natural por 30 a 35 días preparto no vieron afectada la producción de leche ni el crecimiento de los terneros. Por otra parte, y dentro de esta línea de trabajo, Scarsi et al. (2010) en similares condiciones, trabajando con vacas multíparas y luego con primíparas tampoco encontraron diferencias en la producción de leche ni en el peso de los terneros ni al parto ni al destete (Scarsi *et al.,* 2010, 2010a, 2010b).

La AF no afectó el porcentaje de animales ciclando ni en anestro superficial al inicio del entore pero si mejoró el porcentaje de preñez final. Las vacas A tuvieron mayor porcentaje de preñez que las vacas B. Esto coincide con lo encontrado por Quintans *et al.* (2009), quienes reportaron que la tasa de preñez tendía a ser mayor en las vacas suplementadas. Scarsi *et al.* (2010) en similares condiciones (con suplementación de concentrados antes del parto) en vacas multíparas también encontraron mejoras en la performance reproductiva evidenciada por una mayor probabilidad de los animales suplementados de reanudar la actividad ovárica durante los primeros 120 días posparto y una mayor probabilidad de quedar preñados. Pero estos mismos autores, al igual que Cavestany *et al.* (2007), al trabajar con vacas primíparas no encontraron diferencias en

la performance reproductiva. Otros autores, utilizando períodos de suplementación más prolongados no reportaron mejoras en la tasa de preñez (Stalker et al 2006, Hough *et al.,* 1990, Corah 1975).

Las vacas primíparas antes del parto sufrieron un mayor balance energético negativo que las vacas multíparas debido probablemente a la mayor demanda de nutrientes que implica la gestación y el crecimiento (Bell, 1995) y al menor aporte de nutrientes que implica el menor consumo de forraje. La mayor movilización de reservas corporales probablemente sea la responsable de la menor performance reproductiva y productiva, evidenciado en un menor porcentaje de preñez, una menor producción de leche y un ternero más liviano al destete.

En resumen, una mayor asignación de forraje previo al parto (15 vs. 5 kg MS/100kg PV de AF) permitió un mayor aporte de nutrientes mitigando los altos requerimientos nutricionales previos al parto, provocando una menor movilización de reservas, una mayor producción de leche, una mayor tasa de ganancia de los terneros en los primeros 56 días y un mayor porcentaje de preñez final. Por otra parte, las vacas multíparas presentaron mayor producción de leche, mayor tasa de ganancia de los terneros durante todo el periodo evaluado, menor movilización de reservas corporales y tasa de preñez más alta, respecto a las vacas primíparas.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Carlos López Mazz por la realización de las ecografías ováricas. Al equipo de Producción Animal de INIA-Treinta y tres por todo el apoyo brindado a lo largo de este trabajo. A la ANII por la beca BE_POS_2010_1_2566 brindada para poder realizar mis estudios de maestría y el proyecto PR_FVM_2009_1_3121 que permitió financiar parte de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKKER, M.; ALVARADO, P. 2006. Alcanos lineales de la cera cuticular de hojas de *Populus Alba deltoides* (Salicaceae), *Robinia Pseudoacacia* (Fabaceae), *Ulmus Pumila* (Ulmaceae) y *Fraxinus Americana* (Oleaceae) en Tandil, Buenos Aires, Argentina. Darwiniana 44 (1): 58-63.

BELL, A.W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. Journal of Animal Science 73, 2804-2819.

BERRETA, E. 1996. Campo natural: Valor nutritivo y manejo. Producción y menajo de pasturas, serie técnica 80, INIA Tacuarembo. pp. 113.

CAMPLING, R.C. 1966. A preliminary study of the effect of pregnancy and of lactation on the voluntary intake of food by cows. BY. J. Nutr. 20:25.

CARÁMBULA, M. 1997. Características limitantes de la pastura natural. Pasturas naturales mejoradas. Hemisferio sur. Pp. 11-20.

CARSON, M.E. 2008. The association of selected metabolites in peripartum dairy cattle with health and production. MSc Thesis, University of Guelph.

CAVESTANY, et al. 2007. Efecto de la suplementación energética preparto en el reinicio de la ciclicidad ovárica posparto en vacas Holando en pastoreo restringido. XXXV Jornadas Uruguayas de Buiatria.

CAVESTANY, D.; KULCSAR, M.; CRESPI, D.; CHILLIARD, Y.; LA MANNA, A.; BALOGH, O.; KERESZTES, M.; DELAVAUD, C.; HUSZENICZA, G.; MEIKLE, A. 2009. Effect of prepartum energetic supplementation on productive and reproductive characteristics, and metabolic and hormonal profiles in dairy cows under grazing conditions. Reproduction in Domestic Animals, 44 (4), pp.663-671.

CHAGAS, L.M.; RHODES, F.M.; BLACHE, D.; GORE, P.J.S.; MACDONALD, K. A. AND VERKEK, G. A. 2006. Precalving effects on metabolic responses and postpartum anestrus in grazing primiparous dairy cows. Journal of Dairy Science, 89: 1981-1989.

CORAH, L.R.; DUNN, T.G. AND KALTENBACH, C.C. 1975. Influence of prepartum nutrition on the reproductive performance of their progeny. Journal of Animal Science 41: 819-824.

DIEA. 2010. RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE PREÑEZ 2010. www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,70,O,S,0,MNE;41;1;MNU.

DOVE H.A.; MAYES R.W. 2006. Protocol for the analysis of n-alkanes and other plant-wax compounds and for their use as markers for quantifying the nutrient supply of large mammalian herbivores. Nature protocols, 1:4, pp. 1680-1697.

DUFFIELD, T.; LEBLANC S.; LESLIE K. 2005. Impact of subclinical metabolic disease on risk of early lactation culling. J Dairy Sci. 88(Suppl. 1).

ESCALERA J.L.; FLORES F.; ESCOBAR F. 2005. Efecto del balance energetico negative sobre el comportamiento reproductivo de la vaca productora de leche. Veterinaria Zacatecas, 2, pp.179-191.

FRENCH P. D., 2006. Dry Matter Intake and Blood Parameters of Nonlactating Holstein and Jersey Cows in Late Gestation. J. Dairy Sci. 89, pp. 1057–1061.

HOUGH, R.; MCCARTHY, F.; KENT, H.; EVERSOLE, D.; WAHLBERG M. 1990. Influence of nutrition restriction during late gestation on production measures and passive immunity in beef cattle. J. Anim. Sci. 68: 2622-2627.

HUNTER, R.A.; SIEBERT, B.D. 1986. The effects of genotype, age, pregnancy, lactation and rumen characteristics on voluntary intake of roughage diets by cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 37(5) 549. Abstract-560.

INGVARTSEN, K.L.; ANDERSEN, J.B. 2000. Integration of metabolism and intake regulation: a review focusing on periparturient animals. J Dairy Sci 83(7):1573-1597.

MILLOT. 1988. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Revista del plan Agropecuario, suplemento especial marzo 1988.

QUINTANS, G. 2008. La alternativa para incrementar la tasa de procreo: disminución del anestro posparto. Serie Técnica INIA174: 99-109.

QUINTANS, G.; BANCHERO, G.; ROIG, G.; CARRIQUIRY, M. 2009. Effect of short-term prepartum supplementation on reproduction of multiparous beef cows on grazing conditions. ADSA-CSAS-ASAS Joint Meeting, Montreal, Canadá.

QUINTANS, G.; BANCHERO, G.; ROIG, G.; CARRIQUIRY, M. 2009a. Efecto de una suplementación corta preparto sobre la performance reproductiva y productiva de vacas multíparas. Actividad de difusión 591: Jornada de divulgación de producción animal y pasturas. pp. 53-60.

RANDEL R.D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. Journal of Animal Science 68:853-862.

SCARSI, A.; ASTESSIANO A.L.; BANCHERO G.; CARRIQUIRY M.; QUINTANS. G. 2010. Short-prepartum supplementation effect on productive and reproductive parameters in multiparous beef cows under grazing conditions. I. In: 8th International Ruminant Reproduction Symposium, 2010 Anchorage, Alaska

SCARSI, A.; ASTESSIANO A.L.; BANCHERO G.; CARRIQUIRY M.; QUINTANS. G. 2010a. Short-prepartum supplementation effect on productive and reproductive parameters in multiparous beef cows under grazing conditions. II. In: 8th International Ruminant Reproduction Symposium, 2010 Anchorage, Alaska.

SCARSI, A.; ASTESSIANO A.L.; BANCHERO G.; CARRIQUIRY M.; QUINTANS. G. 2010b. Effect of short-prepartum supplementation on reproductive and productive performance in primiparous beef cows under grazing conditions. . In: 8th International Ruminant Reproduction Symposium, 2010 Anchorage, Alaska.

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.

STANLEY T.A.; COCHRAN R.C.; VANZANT E.S.; HARMON D.L.; CORAH L.R. 1993. Periparturient changes in intake, ruminal capacity, and digestive characteristics in beef cows consuming alfalfa hay. J Anim Sci 71:788-795.

STALKER, L.A.; ADAMS, D.C.; KLOPFENSTEIN, T.J.; FUEZ, D.M.; FUNSTON, R.N. 2006. Effects of pre- and postpartum nutrition on reproduction in spring calving cows and calf feedlot performance. Journal of Animal Science 84: 2582-2589.

VIZCARRA J.; WETTEANN R.; SPITZER J.; MORRISON D. 1998. Body condition at parturition and postpartum weight gain influence luteal activity and concentrations of glucose, insulin, and nonesterified fatty acids in plasma of primiparous beef cows. J. Anim. Sci. 76:927-936.

WILLIAMS G. L. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: a review. Journal of Animal Science, Vol 68, Issue 3 831-852.

EFECTO DE UNA ALTA Y BAJA DISPONIBILIDAD DE PASTURAS NATURALES ANTES Y DESPUÉS DEL PARTO SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO DE VACAS MULTÍPARAS

Graciela Quintans[1], Antonia Scarsi[2]
José I. Velazco[3]
Georgget Banchero[4]

RESUMEN

Cuarenta y ocho vacas multíparas fueron asignadas a 4 tratamientos en un diseño factorial 2x2, donde los factores fueron asignación de forraje (AF) de campo natural (alta y baja, 15 y 5 %) y momento respecto al parto (pre y posparto). Los tratamientos se aplicaron desde el día -56 (Día 0= parto) hasta el día 56. Luego, todas las vacas pastorearon juntas pasturas naturales al 15% PV de asignación de forraje. Las vacas y terneros fueron pesados cada 14 días, la CC fue registrada cada 14 días y las vacas fueron sangradas semanalmente desde el día -56 hasta el día 119 (fin de entore) para análisis de ácidos grasos no esterificados (AGNE), urea, insulina y progesterona en suero. Las vacas fueron ordeñadas cada 30 días y la composición del calostro y de la leche fue analizada. La duración del anestro posparto (APP) fue calculada utilizando las concentraciones de progesterona en sangre. No se observó interacción entre AF pre y posparto para ninguna de las variables evaluadas. Bajo las condiciones de este experimento, una alta AF de campo natural durante los primeros 2 meses posparto, mejoró la eficiencia reproductiva posiblemente explicada por un incremento en la CC, PV y concentración de insulina en sangre.

ABSTRACT

Seventy days before calving, 48 multiparous cows were assigned to 4 treatments in a 2x2 factorial design, in which the main factors were forage allowance (FA) of native pastures (high and low, 15 and 5 %) and period respect to calving (pre and post-partum). Treatments begun at Day -56 (Day 0 = calving) and lasted until Day 56. After, all cows were managed together on native pastures with a forage allowance of 15%. Cows (and calves) were weighed and body condition score (BCS) registered biweekly from day -56 until day 119 (end of mating period). Also, cows were bled weekly for the same period to analyse NEFA, urea, insulin and progesterone concentrations in serum. Milk production was measured every 30d and colostrum and milk composition were evaluated. The duration of the postpartum anoestrous was calculated with progesterone concentrations.There was no interaction between pre and post partum FA on the variables evaluated. In the conditions this experiment was carried out, only the postpartum FA increased the reproductive performance probably by an increase in BCS, live weight and insulin concentrations.

[1]Ing. Agr., PhD. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[2]Ing. Agr., MSc. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[3]Ing. Agr. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[4]D.M.V., PhD. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA La Estanzuela.

INTRODUCCIÓN

Bajo las condiciones que se realiza la cría en nuestro país, el manejo del campo natural tiene un peso muy importante en los resultados finales de producción animal. Las pasturas naturales son mayoritariamente estivales, produciéndose hacia la primavera una mayor disponibilidad y calidad de forraje. Este estudio se enmarca en la línea de investigación previamente descripta sobre manejo preparto de la vaca de carne, y dentro de ésta, como afecta incrementar la alimentación en períodos claves. Se han evaluado suplementaciones cortas con concentrados durante los 30-40 días de gestación, y en este experimento en particular hemos evaluado el incremento en la asignación de pasturas naturales tanto en el período precomo en el posparto.

El objetivo general del presente experimento fue aportar mayor conocimiento a la respuesta productiva y reproductiva de vacas de carne a diferentes asignaciones de pasturas naturales antes y después del parto. Las variables estudiadas fueron peso vivo, condición corporal, composición de calostro, producción y calidad de leche, estatus metabólico y hormonal a través del análisis de la concentración en sangre de ácidos grasos no esterificados (AGNE), urea e insulina, así como la duración del anestro posparto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en la Unidad Experimental Palo a Pique perteneciente a INIA Treinta y Tres, Estación Experimental del Este (Figura 1).

Manejo animal y tratamientos

El diseño experimental fue de un factorial 2 x 2 con dos asignaciones de forraje (AF) contrastantes antes y después del parto como factores. A los setenta días preparto las vacas fueron asignadas en forma aleatoria a 2 tratamientos de manejo PREPARTO: i) vacas pastoreando campo natural con una AF de 15 kg MS/100 kg de PV (APRE, n=24) ii) vacas pastoreando campo natural con una baja AF de 5 kg MS/100 kg de PV (BPRE, n=24). Las vacas utilizadas fueron cruza Aberdeen Angus × Hereford, multíparas de 5 años de edad con 472 kg de peso vivo (PV) promedio y una condición corporal (CC) promedio de 4,4 unidades (u) de la escala 1 a 8 (Méndez *et al.,* 1986). A los 7 días posparto las vacas de cada grupo (APRE y BPRE) se volvieron a asignar de forma aleatoria a 2 tratamientos POSPARTO; iii) vacas pastoreando campo natural con una alta AF 15 kg MS/100 kg de PV (APOS, n=24) iv) vacas pastoreando campo natural con una baja AF de 5 kg MS/100 kg de PV (BPOS, n=24), (Figura 2). Los tratamientos tanto preparto

Figura 1. A la izquierda baja y alta asignación de forraje y a la derecha vista general del potrero.

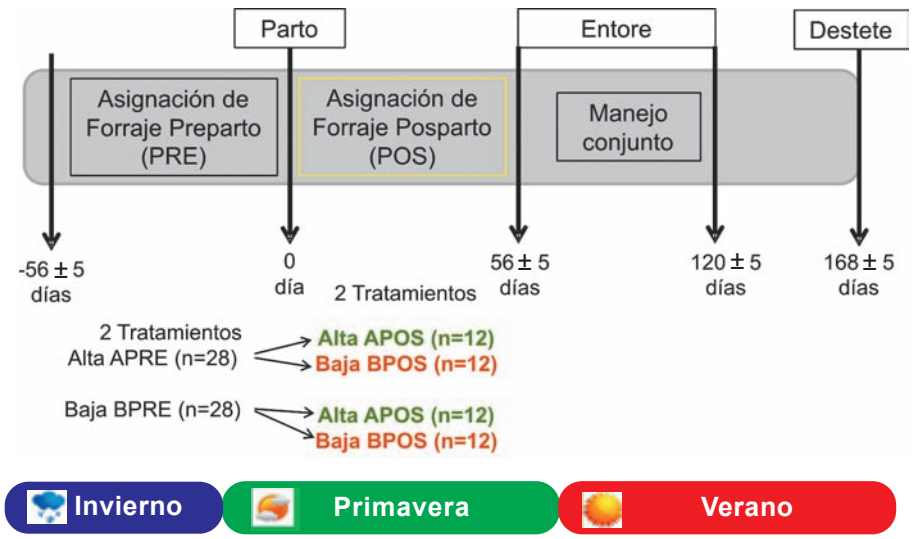


Figura 2. Descripción grafica del diseño experimental.

como posparto (pp) duraron 56 ± 5 días (media ± de). Luego de los 56 días pp todos los animales fueron manejados de forma conjunta en un mismo potrero con buen acceso a aguadas hasta el destete con una asignación de forraje de 15 kg MS/100 kg PV. Las vacas fueron servidas con monta natural a los 56 ± 5 días pp y el período de entore duró 56 ± 5 días. Los terneros fueron destetados a los 168 ± 5 días de edad.

Mediciones de PV, CC, calostro, leche, metabolitos, hormonas y duración del anestro posparto

Los experimentos se realizaron sobre campo natural donde el 40% de la materia seca fue aportada por *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* como especies muy frecuentes y el resto por especies como Ciperáceas, *Coelorhachis selloana*, *Paspalum dilatatun*, *Estenotaphrum secundatum*, *Panicum milioides*, *Cynodon dactylon*, *Setaria geniculata*, *Axonopus argentinus*. Para determinar la disponibilidad y altura de forraje se realizaron muestreos cada 30 días y se estimó la calidad de la mismo.

El peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) de las vacas se determinaron cada 14 días a partir de los 70 días preparto hasta el parto. Luego del parto y hasta el destete (día 168 pp), la CC y PV de las vacas y de los terneros se determinaron cada 14 días.

Para el muestreo del calostro, previo al parto se tapó uno de los pezones con cinta leuco para evitar el amamantamiento. Durante la parición se controlaron las vacas tres veces al día y al parir se tomó una muestra de calostro la cual se congeló hasta su análisis de composición química. La producción de leche se estimó, a través de ordeñe mecánico directo el día 30 y cada 30 días hasta el destete (Quintans *et al.,* 2010). Se tomaron muestras de leche para análisis de su composición.

Se tomaron muestras de sangre semanalmente desde el día 56 previo al parto hasta los 119 días pp (fin de entore) y el suero fue congelado -20 °C hasta su análisis. Se determinó AGNE, urea, insulina y progesterona.

Cuando la concentración de progesterona (P4) fue mayor a 1ng/mL durante dos muestras consecutivas, se consideró la presencia de una fase luteal normal. El período de anestro posparto se definió como los días desde el parto hasta la fecha de la primera de esas dos muestras por encima de 1ng/mL. También se analizó el APP con datos censurados (AAPc), donde el criterio fue utilizar, en aquellas vacas que nunca presentaron fase lútea, el último día del servicio como el momento de manifestación de la misma. A los 45 días

de finalizado el servicio se realizaron ecografías para diagnosticar preñez.

Análisis de metabolitos y hormonas

Las concentraciones de AGNE y de urea se analizaron en la División de Laboratorios Veterinarios, Miguel C. Rubino (DILAVE). Las concentraciones de AGNE se cuantificaron utilizando kits comerciales (kit NEFA HR(2), Wako Chemicals, Richmond, VA, EEUU) a través de espectrofotometría mediante el método enzimático cuya repetibilidad fue de 1,66%, la reproducibilidad fue de 1,60 % y la incertidumbre fue de 7,44%. Las concentraciones de urea de las vacas fueron analizadas utilizando un kit comercial (UREA UV, cinética AA, Wiener Lab, Rosario, Argentina) a través de espectrofotometría mediante el método enzimático cuya repetibilidad fue de 1,28%, la reproducibilidad fue de 4,85 %y la incertidumbre fue de 5,43%. Las concentraciones de insulina y de progesterona en suero se determinaron en el Laboratorio de Técnicas Nucleares, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay. Para las concentraciones de progesterona por radioinmunoensayo (RIA) en fase sólida fue utilizado kit de DPC (Diagnostic Product Co., Los Ángeles, CA, USA). La concentración mínima detectable del ensayo fue de 0,12 ng/mL. Los coeficientes de variación intraensayo para los controles bajos (0,77 ng/mL) y medios (1,94 ng/mL) fueron 13 % y 10 % respectivamente. El coeficiente de variación interensayo fue de 14 % y 13% para los controles bajos y medios respectivamente. Para el análisis de insulina por IRMA se utilizó un kit comercial (Diasource, Bruselas, Bélgica). La sensibilidad del ensayo fue 2,7 μUI/mL. Las muestras se analizaron en 5 ensayos y el coeficiente de variación intraensayo para el control 1 (21 μUI/mL) y el control 2 (60 μUI /mL) fueron 9 % y 8%. Los coeficientes de variación interensayo para los mismos controles fueron 15 % y 12 % respectivamente.

Análisis estadísticos

Los datos de PV, CC, producción y composición de leche, PV del ternero, concentraciones de metabolitos e insulina y fueron analizados usando modelos lineales con medidas repetidas en el tiempo mediante PROC MIXED del SAS v9,2 (SAS Institute, INC., Cary, NC). Para las variables que analizan la composición química del calostro, APPc y período parto-concepción (PPC) se usaron modelos lineales generales mediante PROC GLM del SAS v9.2 (SAS Institute, INC., Cary, NC). El modelo para las variables antedichas incluyó efectos de la AF pre y posparto, tiempo (días) e interacción entre AF pre y posparto y AF x tiempo como efectos fijos y la vaca como efectos aleatorios. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey al $P<0,05$. Los datos se expresan en media ± error estándar. La probabilidad de vacas ciclando o preñadas fueron analizados con modelos lineales generalizados a través del procedimiento PROC GENMOD del SAS (SAS Institute, INC., Cary, NC). En este modelo se incluyó los efectos de las AF. La función link para variables con distribución Binomial fue logit y variables con distribución Poisson la función link fue logarítmica. La interacción AF preparto y AF posparto nunca fue significativa para ninguna de las variables evaluadas y es por ello que los resultados se presentan teniendo en cuenta los factores principales cuando éstos fueron significativos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pasturas

La asignación de forraje durante el preparto (-día 56 pp hasta el parto) de las vacas APRE fue de 15,0 kg MS/100 de PV con 4,4 cm de altura y la siguiente composición química (34 % FDA, 62% FDN, 7% PC, 15% C 61 % DMO, y 2,4 Mcal EM/kg MS). La asignación de forraje en las vacas que estuvieron en el nivel bajo (BPRE) fue de 5,0 kg MS/100 de PV con 4,3 cm de altura y la presente composición química (37 %FDA, 58 %FDN, 6 %PC, 15 %C 58 %DMO, y 2,3 Mcal EM/kg MS).

En el período posparto (desde el parto hasta día 56 pp) las vacas en APOS pastorearon una asignación de 15,2 kg MS/100 kg

de PV con 5,1 cm de altura (38 %F DA, 63% FDN, 8% PC, 11 % C 58 % DMO, y 2,3 Mcal EM/kg MS) mientras que las vacas en BPOS la asignación resultó de 5,5 kg MS/100 kg de PV con 4,4 cm de altura (42 % FDA, 64 % FDN, 7 % PC, 13 % C 55 % DMO, y 2,1 Mcal EM/kg MS).

Durante el manejo conjunto (desde día 84 hasta el día 168 pp) las vacas pastorearon a una asignación de forraje promedio fue 15,6 kg MS/100kg de PV con 4,5 cm de altura (39 % FDA, 66% FDN, 8% PC, 12 % C 56 % DMO, y 2,2 Mcal EM/kg MS).

Peso vivo y condición corporal

No se observó un efecto de la interacción entre las asignaciones de forraje preparto y posparto en el PV y en la CC de las vacas. Sin embargo se observó una interacción (P<0,01) entre la asignación de forraje posparto y el tiempo. Las vacas en alta asignación de forraje posparto APOS fueron más pesadas (P<0,05) que las vacas en baja asignación (BPOS) desde el día 56 hasta el día 112 pp (Figura 3). Si bien como se observa en la Figura 3, las diferencias en PV empiezan a manifestarse inmediatamente después del parto, éstas se acentúan después de los 2 meses cuando ambos grupos de vacas ya estaban manejados conjuntamente. Esta diferencia se mantiene hasta el destete.

En relación a la CC se observó una interacción (P<0,01) entre la asignación de forraje preparto con el tiempo, donde las vacas con APRE tendieron (P=0,06) a tener más CC a los 14 días previos al parto respecto a las vacas BPRE (4,2 ± 0,07 vs. 4,0 ± 0,07 u). Por otra parte, en el posparto también se observó una interacción (P<0,01) entre la asignaciones de forraje con el tiempo (Figura 4) donde las vacas con APOS presentaron mayor (P<0,01) CC que las vacas BPOS desde el día 42 hasta el día 168 pp (4,2 ± 0,08 *vs.* 3,5 ± 0,08, para APOS y BPOS, respectivamente). Es contundente como las diferencias en asignación de forraje durante los primeros 60 días se expresan con una mayor CC hacia el final de ese período y se mantienen como efecto residual a lo largo de todo el período evaluado. Una alta asignación de pasturas en el posparto, cuando ya no existe limitante en la capacidad ruminal y a su vez, coincidente con una mayor altura de pasturas y por ende mejor accesibilidad de las vacas al alimento, determinó un incremento significativo de peso vivo y condición corporal. Estas diferencias prácticamente no se manifestaron antes del parto. Por otra parte es común observar una caída de CC antes del parto en nuestras condiciones pastoriles, coincidente con el invierno. Por ejemplo, vacas multíparas en alta y baja condición corporal manejadas sobre campo natural, presentaron una importante caída de estado antes del parto (Quintans *et al.,* 2010).

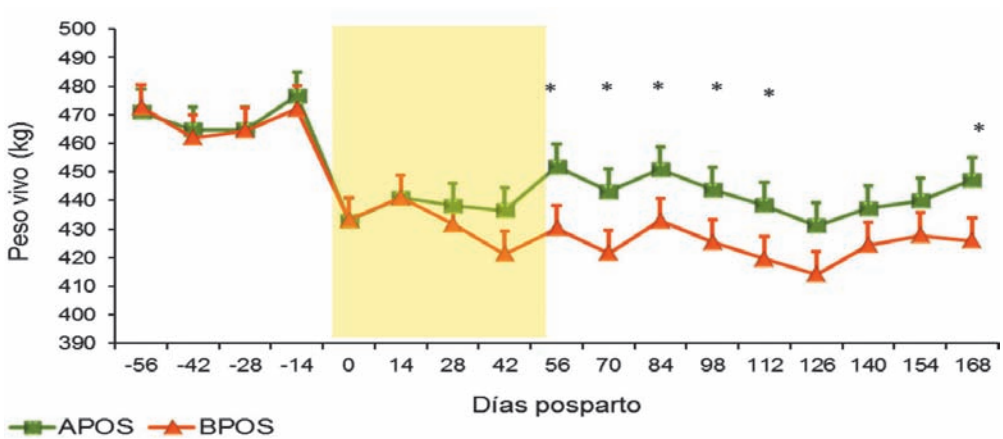


Figura 3. Peso vivo promedio de vacas con alta y baja asignación de forraje posparto (APOS y APOS) desde el día -56 hasta el día 168 posparto. Barra amarilla refiere al período de asignaciones de forraje diferentes en el posparto. *P<0,05.

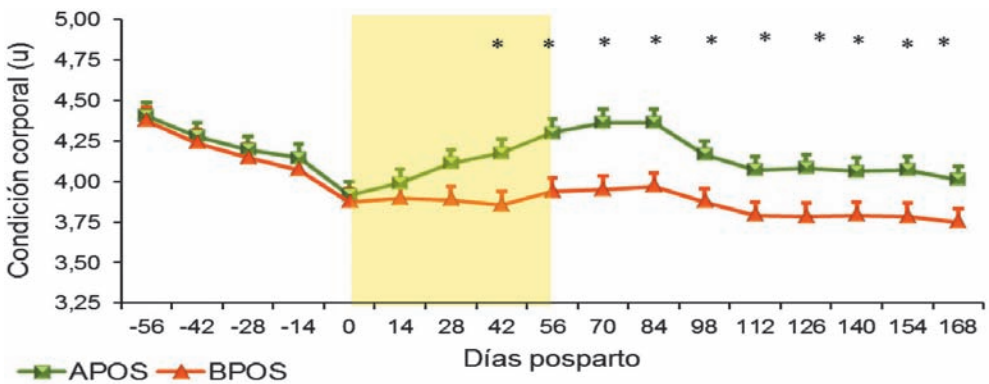


Figura 4. Condición corporal promedio de vacas con alta y baja asignación de forraje posparto (APOS y APOS) desde el día -56 hasta el día 168 posparto. Barra amarilla refiere al período de asignaciones de forraje diferente en el posparto. *P<0,05.

Composición del calostro, producción y composición de leche

No se observaron diferencias en la composición del calostro entre las vacas de los diferentes grupos. El porcentaje promedio de grasa y de proteína del calostro fue de 4,4 ± 0,6 y 18,7 ± 0,6. El porcentaje promedio de lactosa y sólidos totales fue de 2,5 ± 0,09 y 26,3 ± 0,8. Estos valores aportan interesante información sobre la composición del calostro en ganado de carne, información muy escasa (o nula) en condiciones de pastoreo en nuestro país.

En la producción de leche se observó una interacción (P<0,01) entre la asignación de forraje posparto y por el tiempo. La producción de leche de las vacas BPOS disminuyó (P<0,01) de forma lineal desde el día 30 hasta el día 86 pp (Figura 5), mientras que las vacas APOS mantuvieron la producción de leche desde el día 30 hasta el día 58 pp. A partir del día 86 la producción de leche de las vacas APOS y BPOS fue similar. Esta curva de producción de leche es consistente con todos los registros tomados por INIA Treinta y Tres desde el año 2006 en sus experimentos (Quintans *et al.,* 2009; Quintans *et al.,* 2010; Scarsi *et al.,* 2010; Quintans *et al.,* 2012). Se marca claramente el efecto de un mejor nivel alimenticio durante los primeros 60 días que se refleja en el ordeñe a los 2 meses, y que se diluye luego hasta el destete, cuando las vacas son manejadas juntas y cuando ya naturalmente la producción de leche decrece.

La concentración de grasa de la leche (Figura 6A) presentó un comportamiento si-

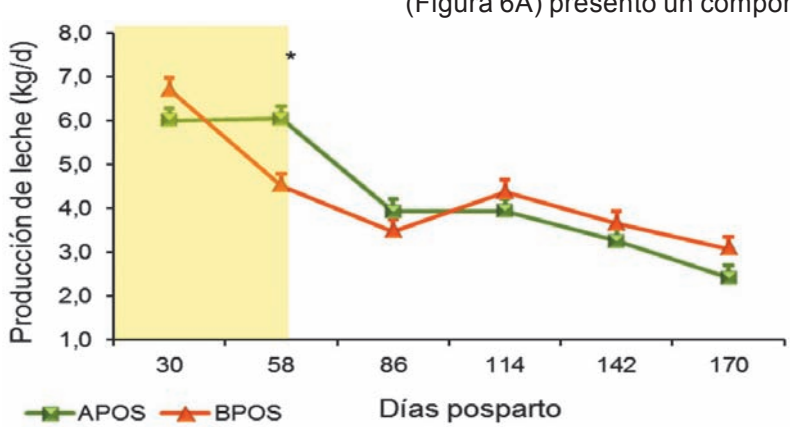


Figura 5. Producción de leche promedio de vacas con alta y baja asignación de forraje posparto (APOS y APOS) desde el día 30 hasta el día 170 posparto. Barra amarilla refiere al período de asignaciones de forrajes diferentes en el posparto. *P<0,05.

milar y muy estable en el tiempo para los dos grupos de vacas durante la aplicación de los tratamientos (barra amarilla) y en la mayor parte del tiempo postratamiento. Hacia el final de los ordeñes la grasa aumenta para los dos tratamientos seguramente por una concentración de este sólido al disminuir la producción de leche (Figura 5).

La concentración de proteína (Figura 6C) y caseína (Figura 6D) presentó el mismo patrón que la grasa. Sin embargo, para estos dos sólidos sí hubo una diferencia entre tratamientos. Las vacas APOS tuvieron una mayor concentración tanto de proteína como caseína que las vacas BPOS durante la aplicación de los tratamientos y en la mayor parte del tiempo luego de estos. Esto seguramente se deba a que las vacas que consumen más forraje levanten más energía y en consecuencia incrementen la concentración proteica de la leche (De Peters y Cant, 1992). Hacia el final de la lactación ambos grupos de vacas aumentan la concentración proteica de la leche seguramente como en la grasa debido a una concentración relativa debido a la disminución en la producción de leche.

La concentración de urea en leche (Figura 6B) fue superior para las vacas APOS que para las vacas BPOS durante la aplicación del tratamiento. Esto seguramente obedece a que las vacas APOS pudieron levantar más proteína que las BPOS (De Peters y Cant, 1992). Evidentemente esto fue así ya que luego de finalizados los tratamientos, las vacas que estaban en BPOS incrementaron los niveles de urea e incluso en dos momentos fueron superiores que en APOS por un mayor consumo de proteína al pasar de una AF de 5% a 15%.

Evolución de peso de los terneros

Al nacer y al destete los terneros de los diferentes grupos presentaron similares PV (34,2 ± 0,8 kg y 182,7 ± 3,6 kg), pero se observó un efecto (P<0,05) de la asignación de forraje posparto en la evolución de PV de los terneros. Cabe destacar que los terneros hijos de vacas en APOS ganaron más peso (P<0,05) que los de BPOS desde el parto hasta el día 56 pp (0,827 ± 0,03 vs. 0,733 ± 0,03 kg/a/d). Luego, desde los 56 hasta 112 días de edad los terneros presentaron ganancias de PV similares (0,632 kg/a/d). Desde los 112 días pp hasta el destete se observó que terneros en BPOS presentaron mayores (P<0,05) ganancias de PV respecto a terneros con APOS (1,321 vs. 1,159 kg/a/d, para baja y alta AF), pudiéndose especular que

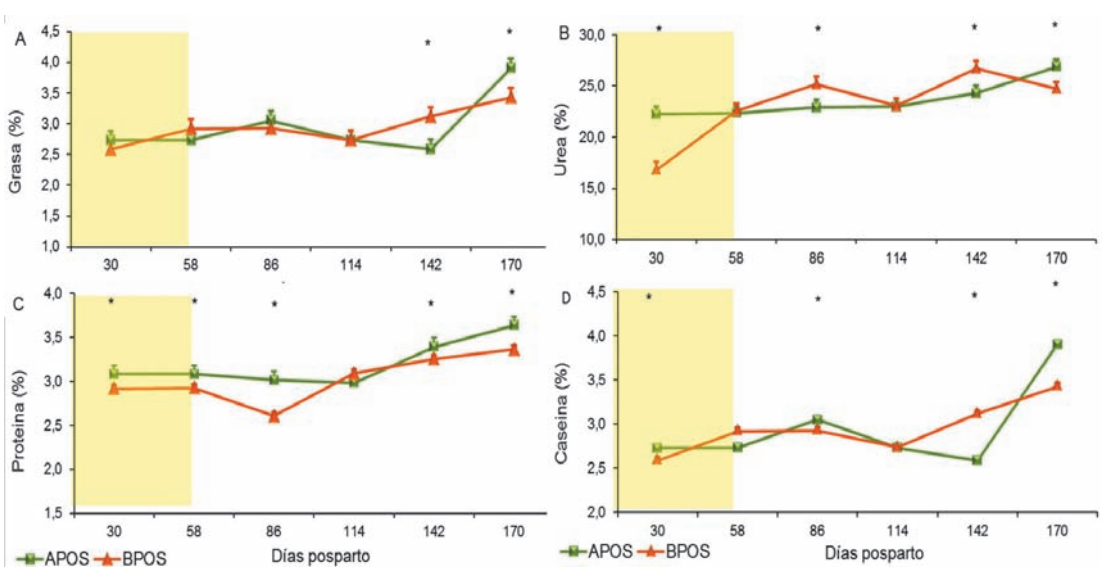


Figura 6. Concentración promedio de Grasa (A), Proteína (B), Urea (C) y Caseína (C) de la leche de vacas con alta y baja asignación de forraje posparto (APOS y APOS) desde el día 30 hasta el día 170 posparto. Barra amarilla refiere al período de asignaciones de forrajes diferentes en el posparto. *P<0,05.

hubo una tasa de ganancia compensatoria hacia el final del período.

Concentraciones de metabolitos y hormonas

En las concentraciones de AGNE, urea e insulina no se observaron efectos de la interacción entre las asignaciones de forraje pre y posparto.

Las concentraciones promedio de AGNE fueron mayores (P<0,05) en vacas con BPOS que en vacas APOS (0,512 ± 0,02 vs. 0,442 ± 0,02 mmol/L). Se observó una interacción (P<0,01) entre la asignación de forraje posparto y el tiempo, ya que en el preparto las concentraciones de AGNE fueron similares entre vacas APRE y BPRE (0,759 ± 0,06 mmol/L). Pero desde el parto hasta el día 49 pp las vacas BPOS tuvieron mayores (P<0,05) concentraciones de AGNE respecto a las APOS (0,447 ± 0,06 *vs*. 0,213 ±0,06 mmol/L) Luego del día 49 pp las concentraciones de AGNE de las vacas fueron similares (0,312 ± 0,06 mmol/L; Figura 7). La gráfica y los resultados sugieren que todas las vacas movilizaron reservas corporales antes del parto de forma pronunciada, que queda demostrado con la caída de condición corporal presentada en el mismo período. Cabe recordar que las concentraciones de AGNE están correlacionada negativamente con el balance energético en vacas (Lucy et al, 1991) y que una pérdida de estado corporal se refleja en incrementaos en los AGNE en sangre (Richards *et al.,* 1989). Por otra parte, si bien los valores se mantienen más bajos durante el posparto respecto al preparto, las vacas en baja asignación posparto (BPOS) movilizaron más reservas corporales ya que presentaron concentraciones de AGNE significativamente más altas que las vacas en APOS.

En relación a las concentraciones de urea en sangre se observó una interacción (P<0,01) entre la asignación de forraje preparto y el tiempo. Las vacas BPRE presentaron mayores (7,64 ± 0,2 vs. 6,79 ± 0,2 mmol/L, P<0,05) concentraciones de urea que las vacas con APRE desde el día -7 pp hasta el día 7 pp (5,20 ± 0,2 vs. 4,54 ± 0,2 mmol/L para BPRE y APRE, respectivamente). La urea es otro indicador de balance nutricional, donde altas concentraciones en las vacas en baja asignación de forraje estaría implicando un posible catabolismo de las proteínas, con el tejido muscular como principal sustrato (Butler, 1998). Sin embargo, esto no puede ser comprobado con el diseño experimental usado.

En cuanto a la insulina (Figura 8), las vacas en APOS presentaron en promedio mayores (P<0,05) concentraciones de insulina respecto a las vacas BPOS (6,8 ± 0,3 vs., 5,9 ± 0,3 μUI/mL). No se observaron efecto del tiempo ni de la interacción entre asignación de forraje y tiempo. Las concentraciones periféricas de insulina están directamente correlacionadas con el consumo de alimento (Basset *et al.,* 1971) y es una de las señales involucradas en afectar la liberación de la hormona luteinizante (Shillo, 1992), res-

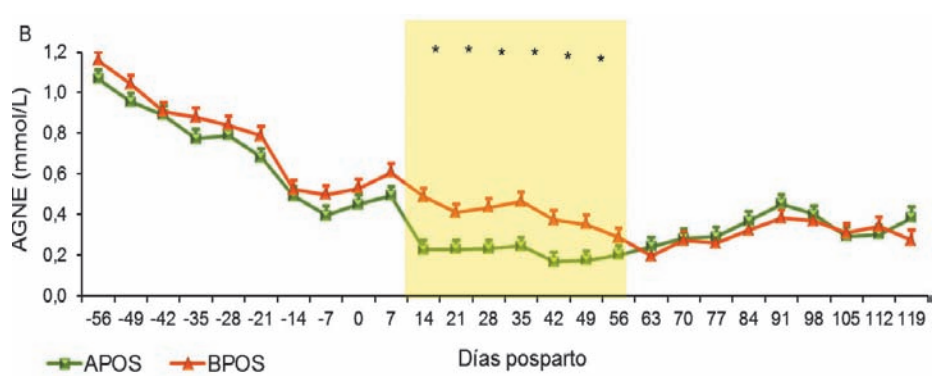


Figura 7. Concentración promedio de AGNE en sangre de vacas con alta y baja asignación forraje posparto (APOS y APOS) desde el día -56 hasta el día 119 pp. Barra amarilla refiere al período de asignaciones de forrajes diferentes en el posparto. *P<0,05

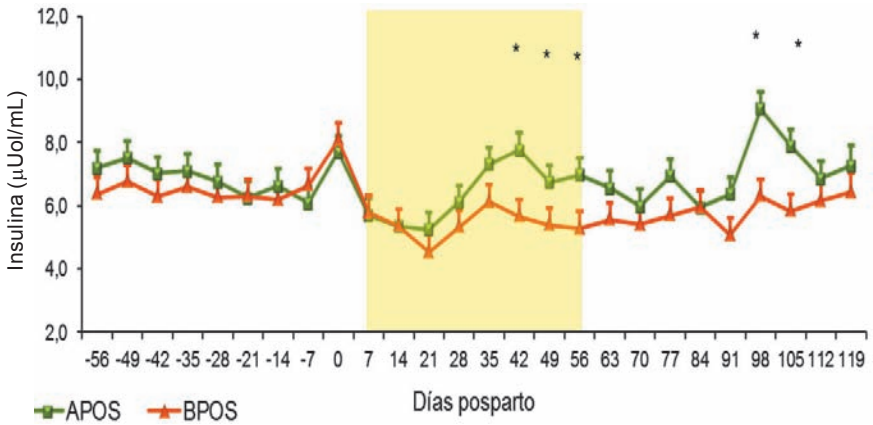


Figura 8. Concentración promedio de insulina en sangre vacas con alta y baja asignación forraje posparto (APOS y APOS) desde el día -56 hasta el día 119 pp. Barra amarilla refiere al período de asignaciones de forrajes diferentes en el posparto. *P<0,05.

ponsable de la ovulación. En este sentido, se ha reportado que la insulina tiene un efecto directo sobre el eje hipotálamo-hipófisis-ovario (Richards *et al.,* 1995).

Desempeño reproductivo

Desde el punto de vista reproductivo no se observó un efecto de la asignación de forraje preparto ni de la interacción entre las asignaciones de forraje pre y posparto. No obstante se observó más proporción de vacas ciclando a mitad del servicio, menor duración del APP y del período parto–concepción y mayor porcentaje de vacas preñadas con alta asignación en el posparto (APOS) respecto a las de baja asignación posparto (BPOS; Cuadro 1). Este mejor desempeño reproductivo en vacas alimentadas en un plano mayor durante el posparto, puede estar asociado a la mejor CC que presentaron, a un mayor incremento de insulina en sangre y menores niveles de movilización de reservas corporales. Por otra parte se ha reportado que existe una interacción entre la condición corporal al parto y los niveles nutricionales posparto (Lowman 1985; Short *et al.,* 1990). Por encima de determinada CC, o sea vacas en muy buen estado, la nutrición posparto perdería importancia relativa. Sin embargo, en el presente estudio, las vacas presentaron al parto valores cercanos a 4 u de CC, valores por encima de los cuales las vacas responderían favorablemente a incrementos en los niveles de alimentación.

CONSIDERACIONES FINALES

Bajo las condiciones del presente experimento, la alimentación posparto con base pastoril fue responsable del desempeño reproductivo. Una alta asignación de forraje después del parto incrementó la condición corporal y el peso vivo de las vacas, aumentó los niveles de insulina en sangre y dismi-

Cuadro 1. Efecto de las asignaciones de forraje posparto en el desempeño reproductivo

	APOS	BPOS	P-valor
Porcentaje de vacas ciclando a los 79 días pp[%,(n/n)]	58	29	0,04
	14/24	7/24	
Anestro posparto (APP, días)	102	113	0,01
Período parto-concepción (días)	111	118	0,02
Preñez [%,(n/n)]	63	25	0,01
	15/24	6/34	

nuyó el periodo parto-primera ovulación. La producción de leche apenas fue superior a los 60 d posparto para luego no mantener diferencias con la producción de leche de vacas en baja asignación forrajera posparto. A su vez, los terneros de ambos grupos también presentaron pesos similares al destete. Sin embargo, es importante remarcar, que no existió efecto de la asignación de forraje durante el preparto sobre las variables estudiadas, ni se presentó ninguna interacción entre la AF pre y posparto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal de la Unidad Experimental Palo a Pique por su esfuerzo y dedicación en este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASSET, J. M.; WESTON, R. H. AND HOGAN, J. P. 1971. Dietary regulation of plasma insulin and growth hormone concentrations in sheep. Australian Journal of Biology Science 24(2):321-330.

BUTLER, W.R. 1998. Review: effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. Journal of Dairy Science 81(9):2533-2539.

DE PETERS, E. J.; CANT, J. P. 1992. Nutritional Factors Influencing the Nitrogen Composition of Bovine Milk: A Review. Journal of Dairy Science 75(8):2043-2070.

LOWMAN, B.G. 1985. Feeding in relation to suckler cow management and fertility. Veterinary Record, 117(4):80-85.

LUCY, M.; STAPLES, C.R.; MICHEL, F.M. AND THATCHER, W.W. 1991. Energy balance and size and number of ovarian follicles detected by ultrasonography in early postpartum dairy cows. Journal of Dairy Science 74(2):473-489.

MÉNDEZ, J.; VIZCARRA, J.A.; ORCASBERRO, R.; VAZ MARTINS, D. 1986. Condición corporal durante el entore y preñez en vacas Hereford : [resúmenes] ; RF [i.e. reproducción y fertilidad] 19. Revista Argentina de Producción Animal 6(supl. 1):108-109.

QUINTANS G.; BANCHERO, G.; LÓPEZ-MAZZ, C.; CARRIQUIRY, M. BALDI, F. 2010. Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. Animal Production Science 50(10):931-938.

QUINTANS, G.; BANCHERO, G.; ROIG, G.; CARRIQUIRY, M. 2009. Efecto de una suplementación corta preparto sobre la performance reproductiva y productiva de vacas multíparas. En: Jornada de divulgación Producción Animal Pasturas. Treinta y Tres: INIA. p. 53 60. (Serie Actividades de Difusión; 591).

QUINTANS, G.; VELAZCO, J. I.; SCARSI, A.; LÓPEZ-MAZZ, C.; BANCHERO, G. 2012. Effect of nutritional management during the postpartum period of autumn-calving beef heifers on dam and calf performance on range conditions. Livestock Science 144(1-2):103-109.

RICHARDS, M.W.; WETTEMAN, R.P.; SCHOENEMANN, H.M. 1989. Nutritional anestrus in beef cows: body weight change, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. Journal of Animal Science 67(6):1520-1526.

RICHARDS, M.W.; SPICER, L.J.; WETTEMAN, R.P. 1995. Influence of diet and ambient temperature on bovine serum insulin-like growth factor-1 and thyroxine: relationship with non-esterified acids, glucose, insulin, luteinizing hormone and progesterone. Animal Reproduction Science 37(3):267-279.

SCARSI, A.; ASTESSIANO, A.L.; BANCHERO, G.; CARRIQUIRY, M.; QUINTANS, G. 2010. Short-prepartum supplementation effect on productive and reproductive parameters in multiparous beef cows under grazing conditions II. En: Reproduction in domestic ruminant, 7: Proceedings of the Eighth International Symposium on Reproduction in Domestic Ruminants. Lucy, C.M.; Pate, J.L.; Smith, M.F.; Spencer, T.E. (eds.). Nottingham: Nottingham University Press. p.134.

SCHILLO, K.K. 1992. Effects of dietary energy on control of luteinizing hormone secretion in cattle and sheep. Journal of Animal Science, 70(4):1271-1282.

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(3):799-816.

DESTETE TEMPORARIO CON TABLILLA NASAL 14 DÍAS Y SUPLEMENTACIÓN DURANTE EL MISMO PERÍODO EN VACAS MULTÍPARAS: RESULTADOS PRELIMINARES

Graciela Quintans[1], Antonia Scarsi[2], José I. Velazco[3],Carlos López Mazz[4] Georgget Banchero[5]

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de un destete temporario con tablilla nasal (TN) durante esos 14d junto a una suplementación en el desempeño reproductivo de vacas multíparas. Treinta y dos vacas con 3,6u de condición corporal (CC) fueron asignadas a los 71d (Día 0) de paridas a tres tratamientos: i) vacas que permanecieron con sus crías amamantando siempre (CON), ii) vacas con terneros con destete temporario con TN por 14d (TN), iii) vacas con terneros con destete temporario con TN por 14d y suplementadas durante ese período (TN+S). Las vacas DT+S fueron suplementadas con afrechillo de arroz al 0,8% del PV. Todas las vacas estaban en anestro. El peso vivo (PV) y CC fueron registradas cada 14d. Las vacas fueron sangradas para determinación de ácidos grasos no esterificados (AGNE), urea, insulina y leptina en sangre. La producción de leche (PL) se midió el día 0,14 y a partir de ese momento cada 28 d hasta el destete. La CC de las vacas de los tres tratamientos fue similar a lo largo del experimento. Durante la aplicación de los tratamientos, las vacas CON presentaron mayores concentraciones de AGNE y menores de insulina. La caída en PL en las vacas DT y DT+S fue significativa durante la aplicación de los tratamientos. Más vacas de los grupos TN+S y TN se preñaron de forma temprana respecto a las CON (85, 77 y 50%), pero la preñez final fue similar entre las vacas de los tres grupos. Se requiere mayor información sobre el efecto conjunto del DT y la S de corta duración sobre parámetros reproductivos, especialmente en vacas multíparas de baja a moderada CC.

ABSTRACT

The aim of this study was the evaluation of the effect of a temporary weaning during 14d with a short term supplementation during the same period, on reproductive performance in muliparous cows. Thirty two cows in 3,6u of body condition (BC) were assigned at Day 71 postpartum (Day 0) to three treatments: i) suckling cows (CON), ii) cows with calves with temporary suckling restriction during 14d (NP), iii) cows with calves with temporary suckling restriction during 14d and cows supplemented during these 14d (NP+S). Cows of NP+S were supplemented with 0,8% of live weight with rice bran. Live weight and BC were registered every 14d. Cows were bled twice weekly (from Day -8 to Day 28) and weekly thereafter for NEFA, urea, insulin and leptin. Milk yield was measured at BC was

[1]Ing. Agr., PhD. Programa Nacional de Carne y Lana.INIA Treinta y Tres.
[2]Ing. Agr., MSc. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[3]Ing. Agr. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA Treinta y Tres.
[4]M.D.V., MSc., Departamento Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía
[5]M.D.V., PhD. Programa Nacional de Carne y Lana. INIA La Estanzuela.

similar among cows from the three treatments. During the treatments, CON cows presented greater NEFA and lower insulin concentrations. Cows in NP and NP+S reduced significantly milk production during the 14 days of treatments respect to CON cows. More cows in NP and NP+S got pregnant early respect to CON cows (85, 77 and 50%), but final pregnancy rate was similar among groups. The effects of suckling restriction together with a short term supplementation on reproductive performance in low to moderate BC multiparous cows need further research.

INTRODUCCIÓN

Anestros muy prolongados limitan la eficiencia reproductiva atrasando o evitando la concepción. Dentro de los factores que más influyen en la duración de dicho período, se encuentran la nutrición y el amamantamiento (Short *et al.,* 1990). Este último se expresa a través de dos componentes: la lactación por sí misma y la presencia del ternero (Williams *et al.,* 1990; Stevenson *et al.,* 1994). El control del amamantamiento a través de diferentes técnicas basadas en restringir la lactación y/o la presencia del ternero al pie de la madre han sido motivo de numerosos estudios ya que el impacto en parámetros reproductivos, en general, es muy importante. Por ejemplo Wetteman *et al.* (1978) evaluaron el efecto de aumentar la intensidad del amamantamiento de 1 a 2 terneros por madre y observaron que la duración del anestro posparto también aumentaba. La restricción del amamantamiento a una o 2 veces diarias desde el día 30 posparto acortó significativamente el intervalo de anestro (Diskin *et al.,* 1991). Por otra parte la restricción del amamantamiento a 10 minutos diarios, permaneciendo el resto del tiempo los terneros separados de sus madres visual, auditiva y olfatoriamente, acortó significativamente el período parto-primera ovulación (38 y 69 días para las vacas con restricción de amamantamiento y amamantadas *ad libitum*, respectivamente) (Quintans, 1998), pero quedando la viabilidad de implementar este tipo de manejos en rodeos a nivel extensivo es limitada.

Una técnica muy utilizada en la región es la aplicación de un destete temporario a través de la colocación de una tablilla nasal (TN) a los terneros (enlatado o tabuleta) que impide que los mismos mamen a sus madres pero permanecen al pie de ellas. Quintans y Salta en 1988 reportaban en Uruguay un incremento de 40 puntos porcentuales en la tasa de parición en vacas sometidas a destete temporario con TN respecto al control. Por otra parte Stahringer (2003) observó que vacas en CC por debajo de 3 unidades no respondían a la TN y Quintans y Jiménez (2006) analizando cuatro años de aplicación de TN a vacas Braford primíparas encontraron resultados variables entre años. Por otra parte, Soca *et al.* (2008) reportaron que vacas primíparas en bajo estado corporal, incrementaron la tasa de preñez a través de un destete bifásico (combinación de tablilla nasal y separación del ternero) y una suplementación de entre 20 y 30 días de duración con afrechillo de arroz.

El destete temporario en vacas multíparas de condición moderada ha tenido resultados consistentes a lo largo del tiempo, disminuyendo el período de anestro e incrementando la tasa de preñez. Prueba de ello, es la gran aplicación de esta técnica a nivel de productores. Sin embargo este manejo en vacas multíparas pero de baja condición corporal, ha manifestado resultados más erráticos.

Recientemente se ha reportado que un destete temporario de 14 días de duración con la tablilla nasal incrementó significativamente la concentración de insulina en sangre, disminuyo los requerimientos de mantenimiento en un 50% y provocó una caída de la producción de leche a valores muy bajos (para luego recomponerse) (Quintans *et al.,* 2010). Una vez generada esta información, la hipótesis planteada fue que la disminución de los requerimientos durante los 14 días del uso de la tablilla, consecuencia de la caída en producción de leche, y por ende el redireccionamiento de los nutrientes hacia otras funciones, podría tener mayor impacto si en ese período además incrementábamos los

aportes de energía a través de una suplementación con concentrados. Este manejo podría tener impactos favorables en vacas en peor estado corporal.

Se realizaron dos experimentos con la finalidad de evaluar comparativamente el destete temporario con tablilla nasal solo o utilizado junto a una suplementación de la vaca por los 14 días de restricción del amamantamiento. En esta oportunidad se presentará solo el primer experimento, ya que el segundo es parte de una tesis de grado de la Facultad de Agronomía, y cuyos resultados están siendo analizados por los estudiantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Manejo animal y tratamientos

El experimento se realizó en la Unidad Experimental Palo a Pique. Treinta y dos vacas multíparas Aberdeen Angus × Hereford con baja condición corporal (3,6 u) fueron asignadas a los 71 días posparto (Día 0) a tres tratamientos: i) vacas que permanecieron con su cría al pie amamantando siempre (CON, n=12); ii) vacas con terneros sometidos a un destete temporario con tablilla nasal durante 14 días (TN, n= 13); iii) vacas con terneros sometidos a un destete temporario con tablilla nasal durante 14 días y suplementación de las vacas durante ese período (DT+S, n=13). Las vacas DT+S fueron suplementadas con afrechillo de arroz (15,2 % PC, 13,8 % FDA, 31,7 % FDN, 15,1 % EE, 1,8 ENm Mcal/kg MS) al 0,8% del PV (0,800 kg/100 kg PV por día). Todas las vacas se encontraban en anestro el Día 0 y siempre fueron manejadas sobre campo natural. El entore comenzó 14 días antes de la aplicación de los tratamientos (Día -14) y tuvo una duración de 60 días.

Mediciones

El peso vivo (PV) y la condición corporal (CC) se registró al inicio de la aplicación de los tratamientos cada 28 días hasta el destete. La presencia de cuerpo lúteo fue evaluada el día -10 y 0 (para determinar que todas las vacas estuvieran en anestro), el día 14 (fin de tratamientos), día 35 y 86 (preñez final). La disponibilidad de la pastura, altura y calidad se midió una vez por mes. La producción de leche a través de ordeñe (Quintans *et al.,* 2010) fue realizada al inicio de la aplicación de los tratamientos y cada 14 días hasta fin de entore y luego al destete (día 157). Los terneros fueron pesados cada 14 días. Las vacas fueron sangradas dos veces pos semana para determinación de ácidos grasos no esterificados (AGNE), urea, insulina y leptina. La presencia de cuerpo lúteo (CL) se realizó a través de ultrasonografía ovárica el día que finalizaron los tratamientos, luego a los 24 y 48 días. Por último se realizó ecografía para determinar preñez temprana (en el primer mes de entore) y preñez total.

Análisis de hormonas y metabolitos

El análisis de insulina y leptina fue realizado en el Laboratorio de Técnicas Nucleares de la Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay. Las concentraciones de insulina fueron determinadas usando el análisis de IRMA donde se utilizó un kit comercial (Diasource, Bruselas, Bélgica). La sensibilidad del ensayo fue 1,8 μUI/mL. Los coeficientes de variación (CV) intraensayos para el control 1 (14 μUI/mL) y el control 2 (44 μUI /mL) fueron 9,8% y 7,7 8%. Los CV interensayos para los mismos controles fueron 9,9 y 7,4, respectivamente.

La concentración de leptina fue determinada a tarves de RIA de fase líquida usando un kit comercial Multi-Especies (RIA kit, Millipore, Cat XL-85K). El RIA tuvo una sensibilidad de 2,3 ng/ml y el CV intraensayos para el control 1 (4,5ng/ml) y control 2 (16,3 ng/ml) fueron 10,6 y 14,5 %. Los CV interensayos para los mismos controles fueron 11,3 y 16,2 %, respectivamente.

La concentración de AGNE y urea en plasma fueron analizados en el laboratorio Miguel Rubino (DILAVE), Montevideo, Uruguay. Las concentraciones de AGNE se cuantificaron utilizando kits comerciales (kit NEFA HR(2), Wako Chemicals, Richmond, VA, EE.UU.) a través de espectrofotometría. La

sensibilidad fue de 0,02 mmol/l y el CV interensayos para los controles bajo (0,51 mmol/l), medio (0,67 mmol/l) y alto (0,84 mmol/l) fueron 5,1, 4,7 y 4,1 %, respectivamente. Los CV intraensayos fueron 2,8, 4,5 y 0,5 %, respectivamente. Las concentraciones de urea de las vacas fueron analizadas utilizando un kit comercial (UREA UV, cinética AA, Wiener Lab, Rosario, Argentina); los CV interensayos fueron 2,3 y 2,0 % para los controles 1 (6,6 mmol/l) y control 2 (18,8 mmol/l), respectivamente. Los CV intraensayos fueron 1,1 y 2,4 %, para control 1 y 2 respectivamente.

Análisis estadísticos

El diseño utilizado fue de un diseño experimental completamente al azar, donde los datos de PV, CC, producción de leche, concentraciones de metabolitos y hormonas en sangre fueron analizados usando modelos lineales con medidas repetidas en el tiempo mediante PROC MIXED del SAS v9 (SAS Institute, INC., Cary, NC). El modelo incluyó efectos del tratamiento, tiempo (o días pp) y la interacción entre tratamiento por tiempo como efectos fijos y la vaca como efecto aleatorio. Se utilizó la estructura de covarianza (AR(1)) o spatial power law (SP (POW) (días)) para datos espaciados irregularmente y correcciones por covarianza. Se tomó tratamiento y días posparto como efectos fijos y la vaca como efecto aleatorio. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de DMS al P<0,05. Los datos se expresan en media ± error estándar. La proporción de vacas ciclando o preñadas fueron analizados con modelos lineales generalizados a través del procedimiento PROC GENMOD del SAS (SAS Institute, INC., Cary, NC). En el modelo se incluyó efectos del tratamiento. La función link para variables con distribución Binomial fue logit y variables con distribución Poisson fue log.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pasturas

Durante la aplicación de los tratamientos (diciembre) la disponibilidad de materia seca fue de 2048 kg/ha (6,3 % de PC, 51 % de FDA, 74 % de FDN). La disponibilidad de forraje estimada fue de 18% y la altura de forraje en diciembre de 5 cm. Luego, desde enero hasta marzo (destete), en promedio la producción mensual de forraje fue de 2128 kg/ha (7% de PC, 54% de FDA y 73% de FDN) con una altura cercana a los 8 cm. Si bien la accesibilidad y la disponibilidad a la pastura fueron adecuadas, la concentración de proteína nunca superó el 7%, valores que se encuentran en el rango normal en las pasturas del este en verano.

Peso Vivo y Condición Corporal

Se observaron diferencias (P<0,01) en el PV promedio entre las vacas TN+S, TN y CON. La misma se debe a que las vacas TN fueron en promedio más (P<0,01) pesadas respecto a las vacas CON. Sin embargo el peso de las vacas TN+S fue similar al de las vacas CON y TN (PV promedio de todo el período: 447, 462 y 454 ± 3,7 kg para CON, TN y TN+S, respectivamente). Respecto a la CC, el modelo no mostró diferencias significativas entre tratamientos al analizar todo el período. Sin embargo, a partir del día 127 y hasta el destete, las vacas en TN y TN+S presentan aproximadamente unos 0,25u más de CC que las vacas control. El efecto del destete temporario sobre el estado corporal de las vacas ha sido variado. Sin embargo la mayoría de los reportes coinciden con estos resultados (ej: compilación de trabajos de Soca *et al.,* 2008; Quintans *et al.,* 2010). Es muy probable que sólo 14 días de disminución de los requerimientos en producción de leche, redireccione los nutrientes hacia otras actividades o funciones (como por ejemplo reproductivas), pero no sea suficiente para mostrar grandes incrementos en condición corporal.

Metabolitos y Hormonas

Se observó una interacción significativa entre el tratamiento y el tiempo a lo largo del experimento sobre las concentraciones de urea. Entre el día 79 y 95, las concentraciones de urea fueron superiores en las vacas CON respecto a las vacas TN+S, para luego

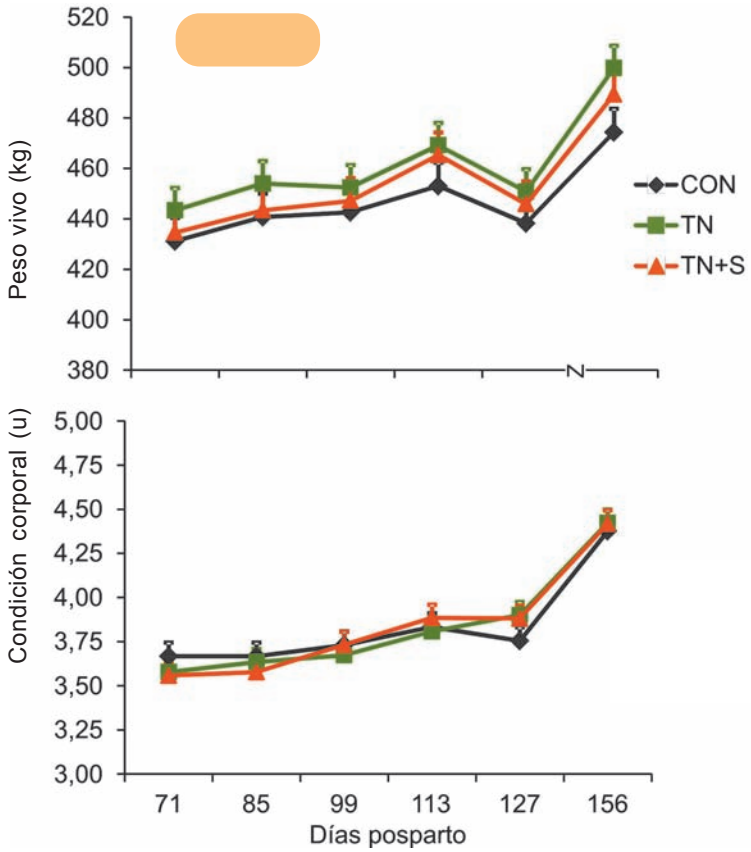


Figura 1. Evolución de peso vivo y condición corporal durante el experimento. Barra representa período de aplicación de los tratamientos.

volver a ser similares entre grupos. El aumento de urea en sangre puede tener varias explicaciones, entre ellas la movilización de tejido muscular o la deficiencia de proteína en la dieta podría estar explicando este aumento. Sin embargo, el último argumento no sería muy válido en esta situación, ya que todas las vacas estaban bajo la misma base forrajera de campo natural.

Con respecto a las concentraciones de AGNE, también se registro una interacción entre tratamiento y tiempo. Durante los tratamientos, las vacas CON movilizaron más reservas corporales que las vacas TN y TN+S, expresándose en mayores concentraciones de este metabolito. Luego, las vacas TN+S tuvieron mayores concentraciones de AGNE que las vacas de los otros dos grupos. Este aumento pudo deberse a que el hecho de haber finalizada la suplementación abruptamente, haya generado un estrés en los animales que muchas veces se expresa a través de este comportamiento (Huzzey y Overton, 2010). Hay que observar que la CC fue incrementando en todas las vacas en ese período, por lo que podría descartarse una movilización de grasa corporal.

Se observó una interacción entre la concentración de insulina y el tiempo, en la cual durante el período de restricción del amamantamiento, los niveles de insulina incrementaron y fueron superiores en las vacas TN y TN+S, que en las CON. Esto ya fue reportado en nuestras condiciones, donde un destete temporario con tablilla nasal o con separación del ternero durante 14 d, provocó un incremento en las concentraciones de insulina en sangre, postulando a esta hormona como una candidata en enviar señales de redireccionamiento de nutrientes hacia el eje reproductivo (Quintans *et al.,* 2010).

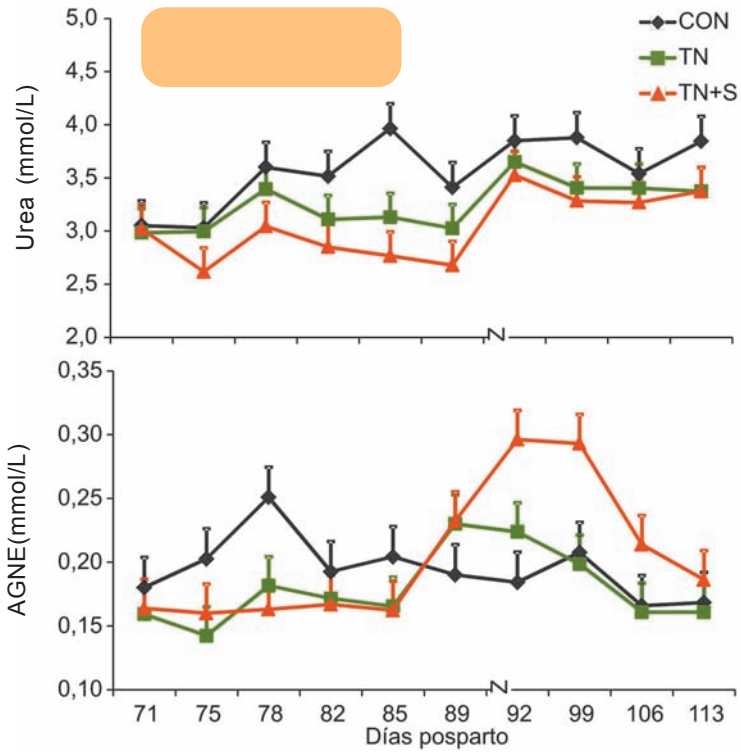


Figura 2. Concentraciones de urea y AGNE a lo largo del experimento. La barra naranja representa período en que se aplicaron los tratamientos.

Por otra parte, no se observaron diferencias significativas en las concentraciones de leptina en las vacas de los distintos tratamientos. La leptina es una hormona que tiene origen en diversos tejidos, como por ejemplo el tejido graso. Se han encontrado receptores de leptina a nivel de ovario, hipotálamo, hipófisis, por lo tanto se la ha identificado como una hormona involucrada en la compleja red de comunicaciones entre el estatus metabólico y reproductivo. Si bien Meikle *et al.,* (2004) reportaron que las vacas lecheras que presentaron mejor performance reproductiva fueron las que también presentaron niveles más altos de leptina (e IGF-1), también se le ha otorgado a la leptina un rol más permisivo y no desencadenante en los procesos reproductivos (Blache *et al.,* 2006). En el presente trabajo, las concentraciones de leptina permanecieron estables a lo largo de todo el período experimental.

Ciclicidad ovárica y tasa de preñez

Cuando comenzó el experimento todos los animales estaban en anestro. Al retirar la tablilla y finalizar la suplementación, 14 días después de iniciado los tratamientos, había más (P<0,0005) animales ciclando en TN (62%) y TN+S (54%) respecto a los animales CON (0 %). Más vacas de los tratamiento TN+S y TN se preñaron temprano respecto a las vacas CON (85, 77 y 50 % para TN+S, TN y CON respectivamente). En cuanto a la preñez final, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. La misma fue de 75, 77 y 92% para CON, TN y TN+S, respectivamente.

En este punto es importante remarcar dos cosas: todas las vacas del experimento incrementaron prácticamente un punto de CC a lo largo del experimento, consecuencia de

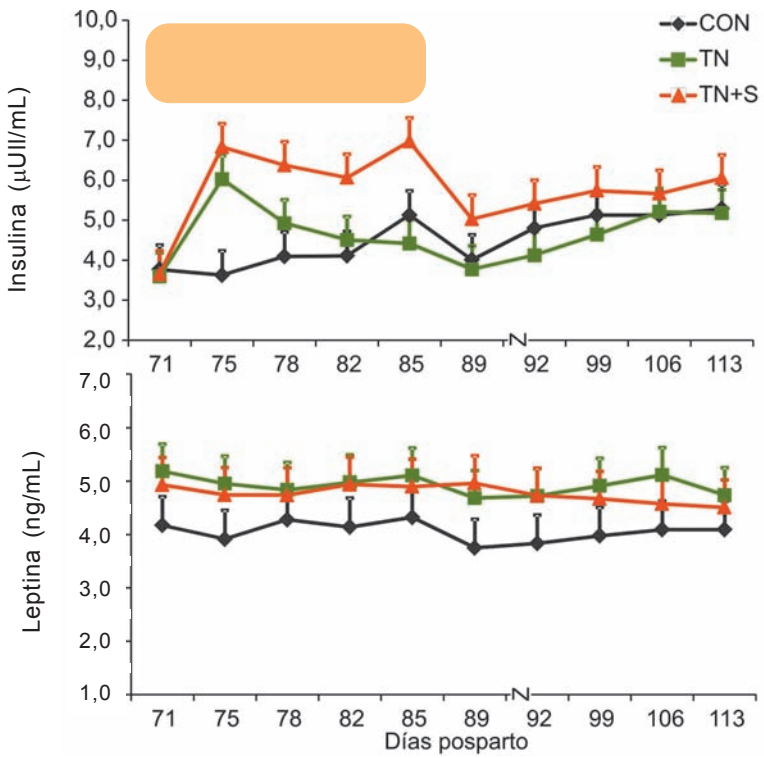


Figura 3. Concentraciones de insulina y leptina a lo largo del experimento. La barra naranja representa período en que se aplicaron los tratamientos.

un buen año climático, buena disponibilidad de pasturas, pasando de una altura de forraje de 5cm a una de 8 al culminar el experimento. Este tipo de situaciones de alguna forma diluye el posible efecto positivo de algún tratamiento. No obstante, también hay que considerar que el número de animales por tratamiento para determinar tasa de preñez es muy bajo, y por ende, la diferencia numérica encontrada entre la preñez de TN y TN+S, si bien es importante, no permite extraer conclusiones. Sin embargo, sí es importante remarcar que más animales tanto manejados solo con TN o con TN y suplementación se preñaron antes, lo que siempre significa una ventaja en un rodeo de cría.

Producción de leche y performance de los terneros

La producción de leche (Figura 4) cayó (P<0,0001) a lo largo del experimento, desde 5,5 kg/d a 2,5 kg/d al finalizar el experimento (momento del destete con los terneros con aproximadamente 5 meses de edad). Por otra parte es significativa (y lógica) la caída de producción de leche de las vacas en TN y TN+S respecto al CON, llegando al 20% de producción si lo comparamos en el mismo momento (día 14) con las vacas CON, durante la aplicación de los tratamientos (P<0,05). Luego, y hasta el final del experimento, la producción de leche fue similar entre la vacas de los distintos tratamientos.

La tasa de ganancia (TGD) de los terneros CON fue significativamente más alta (P<0,001) durante los días con la tablilla nasal que los terneros TN o TN+S (Figura 5; 1,026 ± 0,08, 0,296 ± 0,07 y 0,266 ± 0,07 kg/a/d para CON, TN y TN+S, respectivamente). Este comportamiento ha sido ampliamente reportado, donde durante los 14 días de uso de la tablilla nasal, los terneros presentan menores tasas de ganancia diaria. Es evidente la baja de producción de leche que se observa durante la postura de la tablilla (Figura 4) lo que obviamente se ve reflejado

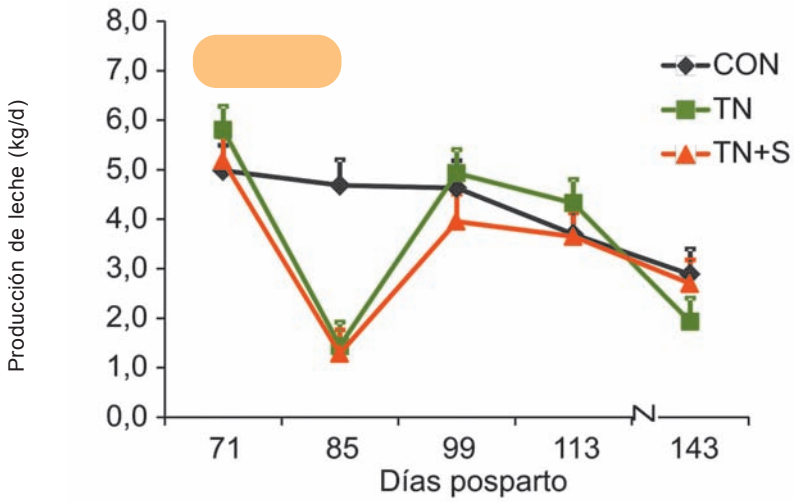


Figura 4. Producción de leche. La barra naranja representa periodo en que se aplicaron los tratamientos.

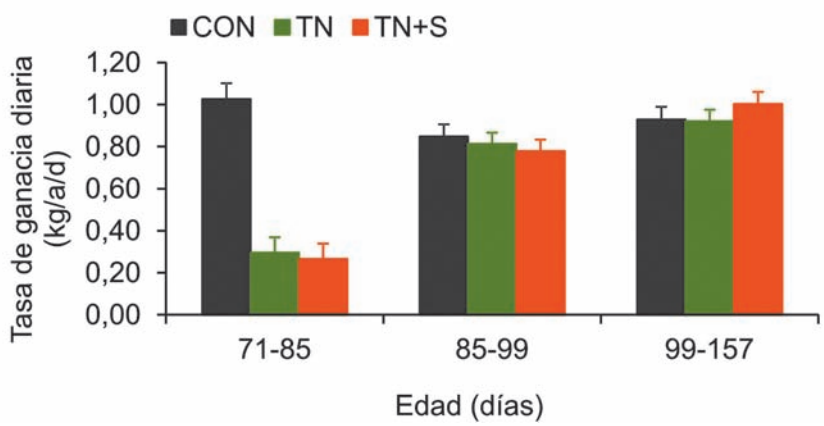


Figura 5. Tasas de ganancias diarias (TGD) de los terneros en tres periodos del experimento: los 14 días de tablilla y suplementación (Día 71 a 85), los siguientes 14 días una vez retirada la tablilla y finalizada la suplementación (Día 85 a 99) y desde allí hasta el destete (Día 99 a 157).

en las TGD en ese periodo. Luego las TGD se emparejaron. El peso al destete fue superior en CON (161 ± 4,2 kg) respecto a TN (150 ± 3,9 kg), pero éstos similares al de terneros en el tratamiento TN+S (154 ± 4,0kg),

CONSIDERACIONES FINALES

Cabe destacar que los resultados presentados son de un solo experimento, y por ello, es difícil hacer generalizaciones. Si bien, el estudio del destete temporario es parte de una línea de trabajo que se viene desarrollando en INIA Treinta y Tres por más de 12 años, y que se enmarca en tratar de entender su funcionamiento y variabilidad de respuesta, es escaso el conocimiento de la respuesta a la inclusión de una fuente energética solamente durante la restricción del amamantamiento en vacas multíparas. En vacas primíparas, que es otro modelo de animal, y con otro tipo de manejo (destete bifásico y mayor duración de la suplementación), Soca *et al*. (2008) ha reportado a través de varios trabajos, respuestas positivas en variables reproductivas. Pero la línea de investigación en vacas multíparas y con suplementaciones de corta duración (14d) debe contar con mayor información y es por ello que, en esta oportunidad, hemos presentado sólo avances de algunos resultados preliminares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLACHE, D.; CHAGAS, L.M.; MARTIN, G.B. 2006. Nutritional inputs into reproductive neuroendocrine control system-a multidimensional perspective. In: Reproduction in Domestic Ruminants VI. Nottingham University Press. Ed. Juengel, JL., Murray, JF. and Smith, MF. pp.122-139

DISKIN, M.G.; DRENNAN, M.G.; SREENAN, J.M. 1991. Body condition at calving, suckling frequency and post-partum interval in suckler cows. Suckler Cow Research Workers Meeting.

HUZZEY, J.M.; OVERTON, T.R. 2010. Measuring the effect of stress during the transition period on subsequent health and performance of dairy cattle. In: Proceedings Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. 72nd Meeting October 19-21, Doubletree Hotel East Syracuse, New York. pp. 76-86.

MEIKLE, A.; KULCSAR, M.; CHILLIARD, Y.; FEBEL, H.; DELAVAUD, C.; CAVESTANY, D. 2004. Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. Reproduction, 127: 727-737.

QUINTANS, G.; JIMÉNEZ DE ARÉCHAGA, C. 2006. Efecto del destete temporario sobre la fertilidad de vacas primíparas Braford y la ganancia de peso de los terneros. 29 Congreso Argentino de Producción Animal, Mar del Plata, Argentina. (abstract No. 23).

QUINTANS, G. 1998. Opioid peptides and regulation of gonadotrophin release in post-partum beef cows and ewes. Thesis for Doctor of Philosophy, University of Aberdeen, Scotland, UK., p 278.

QUINTANS, G.; SALTA, V. 1988. Efecto del destete temporario sobre el comportamiento reproductivo en vacunos. Aspectos preliminares. 1988. Tesis de grado de la Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica, p 109.

QUINTANS, G.; BANCHERO, G.; CARRIQUIRY, M.; LÓPEZ, C.; BALDI, F. 2010. Effect of body condition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. Animal Production Science 50(10):931-938.

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.

SOCA, P.; CARRIQUIRY, M.; QUINTANS, G.; LÓPEZ, C.; ESPASANDÍN, A.; TRUJILLO, A.I.; MARICHAL, M.J.; ASTESSIANO, A.L.; PÉREZ-CLARIGET, R. 2008. Herramientas para mejorar la utilización del campo natural, el ingreso económico de la cría y atenuar los efectos de la variabilidad climática en sistemas de cría vacuna del Uruguay. b – Empleo del flushing y destete temporario de forma táctica para mejorar indicadores reproductivos y concentración de preñez de vacas primíparas. En: SEMINARIO DE ACTUALIZACIÓN TÉCNICA: CRÍA VACUNA (2008, Treinta y Tres). Montevideo, INIA pp 120-134p (Serie Técnica no 174).

STAHRINGER, R.C. 2003. El manejo del amamantamiento y su efecto sobre la eficiencia productiva y reproductiva en rodeos bovinos de cría. Resultados en el NEA. Taurus 5 818): 21-33.

STEVENSON, J.S.; KNOPPEL, E.L.; MINTON, J.E.; SALFEN, B.E.; GARVERICK, H.A. 1994. Estrus, Ovulation, Luteinizing Hormone and Suckling-Induced Hormones in Mastectomized Cows With and Without Unrestricted Presence of the Calf. Journal of Animal Science, 72: 690-699.

WETTEMAN, R.P.; TURMAN, E.J.; WYATT, R.D.; TOTUSEK, R. 1978. Influence of suckling intensity on reproductive performance of range cows. Journal of Animal Science, 47: 342-346.

WILLIAMS, G.L. 1990. Suckling as a regulator of post-partum rebreeding in cattle: a review. Journal of Animal Science, 68: 831-852

EFECTO DEL SUMINISTRO DE RACIÓN EN COMEDEROS DE AUTOCONSUMO EN TERNEROS DESTETADOS PRECOZMENTE

Graciela Quintans[1], Joaquín Echeverría[2]
Antonia Scarsi[3], Pablo Rovira[3]

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el desempeño animal de terneros de destete precoz (DP) alimentados en autoconsumo. Sesenta terneros cruza, hijos de vacas primíparas, fueron destetados precozmente y manejados bajo tres sistemas de alimentación diferentes durante 78 días (11 días de acostumbramiento, 67 días bajo pastoreo). Los animales fueron asignados a los 77 días de edad a 3 tratamientos: a) terneros manejados con bateas grupales en el acostumbramiento y bateas grupales en el campo (B-B, n= 20); b) terneros manejados con bateas grupales en el acostumbramiento y en autoconsumo en el campo (B-A, n= 20); c) terneros manejados con autoconsumo en el acostumbramiento y en el campo (A-A, n= 20). Cabe destacar que la cantidad de ración ofrecida a los terneros B-B fue del 1% del peso vivo (PV) durante los primeros 18 días en el campo y del 1,5% del PV hasta el final del experimento (49 días), mientras que en el autoconsumo fue *ad libitum,* usándose una ración con fibra que evita la acidosis. El PV final fue mayor (P<0,05) en los terneros de los grupos A-A y B-A respecto a B-B (200 y 190 vs. 167 kg, respectivamente). Dichas diferencias en peso fueron generadas por diferencias en las ganancias medias diarias en la etapa de pastoreo (GMD) (1,212 y 1,168 vs. 0,838 kg/a/d, para A-A, B-A y B-B respectivamente). El consumo de ración estimado fue de 5,06; 4,97 y 1,65 kg MS/a/d, para A-A, B-A y B-B respectivamente. Los animales suplementados en autoconsumo (B-A y A-A) registraron un mayor tiempo consumiendo ración en detrimento del tiempo destinado a la actividad de pastoreo en relación a B-B. Se requiere continuar con estos trabajos para lograr mayor información.

Palabras clave: autoconsumo, comportamiento animal, destete precoz, período de acostumbramiento

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the method of supplementation (hand-feeding *vs*. self-feeding) on performance and behaviour of early weaned beef calves. Sixty calves from primiparous cows were early weaned and managed thereafter in three different feeding systems during 78 days (11 days of adaptation period to the concentrate in a pen, and then 67 days under pastoral conditions supplemented with concentrate). Calves were assigned at 77 days of age to three treatments: a) calves hand-fed both during adaptation and the pastoral phase (S-H, n=20); b) calves hand-fed during adaptation and then supplemented using a self-feeder during the pastoral phase (S-H, n=20); c) calves supplemented with a self feeder both during adaptation and grazing periods (S-S, n=20). The calves from H-H treatment were daily supplemented at 1% of their body weight (BW) during the first 18 days

[1]Ing. Agr., PhD. Programa Nacional de Carne y Lana –INIA Treinta y Tres.
[2]Ing. Agr. Programa Nacional de Carne y Lana –INIA Treinta y Tres.
[3]Ing. Agr., MSc. Programa Nacional de Carne y Lana –INIA Treinta y Tres.

in the pastoral period and then they were supplemented at 1.5%BW for 49 days, while at the H-S and S-S treatments the ration was offered *ad libitum*. Self-fed rations included rice husk in their composition to prevent ruminal acidosis. The BW of S-S and H-S calves at the end of the experimental period was greater than the BW of H-H calves (200 y 190 vs. 167 kg, respectively). This difference in BW was generated by the higher average daily gain (ADG) registered during the grazing period of S-S and H-S calves (1.212 y 1.168 kg/a/d, respectively) compared with B-B calves (0.838 kg/a/d). Estimated ration consumption was 5.06; 4.97 y 1.65 kg DM/a/d, for S-S, H-S y H-H groups, respectively. Self-fed animals (H-S, S-S) spent more time at the self-feeder consuming ration and had a shorter grazing time compared with hand-fed animals (H-H). It is necessary to continue with these studies to generate more information about feeding strategies for weaned calves using self-feeders.

INTRODUCCIÓN

La baja eficiencia reproductiva que presenta la cría vacuna a nivel nacional es consecuencia entre otros factores del déficit nutricional de los vientres durante el invierno y del amamantamiento prolongado que éstos presentan (Rovira, 1996; Scaglia, 1998; Pordomingo, 1997; Pereira y Soca, 1999; Quintans *et al.,* 1999).

En este sentido se han generado tecnologías que permiten levantar estas limitantes, como las técnicas para controlar el amamantamiento, dentro de las cuales se encuentra el destete precoz o anticipado de los terneros (Rovira, 1996; Simeone y Beretta, 2002; Quintans, 2002). Éste tiene varias formas de implementación ya sea bajo condiciones de pastoreo con suplementación (sobre campo natural (CN), campo natural mejorado y pasturas sembradas) (Scaglia, 1998; Simeone y Beretta, 2002; Quintans, 2002) ó a corral (Simeone *et al.,* 2011a,b,c; Beretta *et al.,* 2012).

El objetivo principal de la aplicación de esta técnica es permitirle a los vientres que reinicien su actividad ovárica (Quintans, 2008) y que los terneros presenten ganancias de peso similares y/o superiores al que obtendrían al pie de sus madres (Beretta y Simeone, 2008). El impacto positivo que se ha obtenido en aquellos animales con baja condición corporal al parto (CC <3) y vacas primíparas son consistentes (Pimmentel *et al.,* 1979; Quintans y Vázquez, 2002, entre otros) y hacen de que la aplicación de esta tecnología se ajuste a momentos críticos para que estos animales puedan concebir (Simeone *et al.,* 2000; Pordomingo, 2002; Quintans y Vázquez (2002); Vázquez *et al.,* 2002; Saravia y Wijma, 2011; Torres y Elizondo, 2011).

Por otra parte, la respuesta de los terneros a la aplicación de esta tecnología es altamente dependiente de las condiciones de alimentación y manejo a las que son sometidos (Rovira, 1996; Beretta y Simeone, 2008) ya que el ternero destetado precozmente debe cambiar la alimentación rápidamente (de láctea a sólida), además de sufrir un estrés por la ruptura del vínculo maternal sumándole que posee altas demandas en proteína y energía para satisfacer las necesidades de mantenimiento y crecimiento (Di Marco, 1994; 2006; Enríquez *et al.,* 2010; Beretta *et al.,* 2012).

De esta manera se han obtenido diversos resultados donde se ha encontrado que los terneros destetados presentaron menores ganancias de peso (GMD) que sus pares al pie de sus madres (Vizcarra, 1989; Quintans y Vázquez, 2002; Vaz et al. 2011); GMD similares (Simeone y Beretta, 1997; Lacuesta y Vázquez, 2002; Blanco y Montedónico, 2003; Quintans *et al.,* 2009) y/ó superiores (Bonatti *et al.,* 1998, Simeone *et al.,* 2000; Saravia y Wijma, 2011). En general, de los trabajos revisados, las ganancias experimentadas por los animales al pie de sus madres se encontraron entorno a los 0,600 kg/día, salvo trabajos realizados en invierno (GMD 0,118 y 0,137 kg/día, Simeone *et al.,* 2000; Saravia y Wijma, 2011 respectivamente).

La información existente acerca del manejo de los animales es variada, sin embargo no existe suficiente experiencia en el uso del autoconsumo como forma de suministro de ración durante y después del acostum-

bramiento en condiciones de pastoreo de campo natural para esta categoría. Por este motivo el objetivo de este trabajo fue evaluar comparativamente el crecimiento de terneros destetados precozmente en tres sistemas alimenticios diferentes, con énfasis en autoconsumo y con raciones que incorporan la fibra para evitar la acidosis.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento se llevó a cabo en la Unidad Experimental «Palo a Pique - INIA Treinta y Tres, desde fines de primavera hasta fines de verano (13 de diciembre del 2012-1º de marzo del 2013). El experimento se realizó en acuerdo con las directivas en lo que concierne al uso de animales para experimentación.

Animales y diseño experimental

Sesenta terneros cruza (Aberdeen Angus x Hereford) de 77 ± 14 (media ± d.e.) días de edad fueron sorteados al azar en tres grupos (20 animales por grupo) por edad y PV: alimentación durante el acostumbramiento en Bateas y suministro de ración durante la fase de pastoreo en Bateas (B-B); alimentación durante el acostumbramiento en Bateas y suministro de ración durante la fase de pastoreo en Autoconsumo (B-A); y alimentación durante el acostumbramiento en Autoconsumo y suministro de ración durante la fase de pastoreo en Autoconsumo (A-A).

Los terneros tuvieron un período de 11 días de acostumbramiento al cambio de dieta a corral, inmediatamente de haber sido separados de sus madres. A partir del día 11 y durante 67 días los animales pastorearon CN hasta finalizar el experimento.

Durante el acostumbramiento los animales de los tratamientos B-B y B-A fueron racionados según el protocolo de destete precoz tradicional con un suplemento comercial que contenía como mínimo 18% PC y fardo de alfalfa (*Medicago sativa*), mientras que a los animales del tratamiento A-A se les ofreció la misma ración que los animales de los otros tratamientos pero con el agregado de cáscara de arroz como fuente de fibra al 2,5% de PV (%PV).

Luego de esta fase los animales fueron llevados a pastorear CN en parcelas de 5 hectáreas cada una y se asignaron los tratamientos correspondientes. Durante 19 días de iniciada esta fase los animales del tratamiento B-B consumieron el mismo suplemento que durante el acostumbramiento a razón de 1%PV, mientras que los animales del tratamiento B-A y A-A consumieron la misma ración que este último durante el acostumbramiento con una expectativa de consumo entorno al 2,5%PV. A partir del día 19 y hasta el final del experimento (48 días), los animales del primer tratamiento pasaron a consumir una ración que contenía como mínimo 16%PC a razón del 1,5%PV y los animales de los otros dos tratamientos pasaron a consumir una ración de 13,5%PC como minímo+fibra (cáscara de arroz).

Los comederos de autoconsumo para todos los periodos y tratamientos fueron recargados previamente a su vaciado.

Todos los animales durante el periodo experimental dispusieron de agua y sombra a voluntad en todas las etapas del experimento.

Cuadro 1. Descripción de raciones utilizadas durante cada período según tratamiento

	Periodo		
Tratamiento	**Acostumbramiento**	**Pastoreo**	
	(0-11 días)	**(12-30 días)**	**(31-78 días)**
B-B	Ración ≥ 18%PC sin fibra	Ración ≥ 18%PC sin fibra	Ración ≥ 16%PC sin fibra
B-A	Ración ≥ 18%PC sin fibra	Ración ≥ 16%PC con fibra	Ración ≥ 13,5%PC con fibra
A-A	Ración ≥ 16%PC con fibra	Ración ≥ 16%PC con fibra	Ración ≥ 13,5%PC con fibra

B-B: Bateas-Bateas; B-A: Bateas-Autoconsumo; A-A: Autoconsumo-Autoconsumo.

Determinaciones

Pasturas y suplemento

Durante la etapa posterior al acostumbramiento los animales permanecieron en sus respectivas parcelas (5 hectáreas cada una) pastoreando sobre CN. A partir del inicio de esta fase se realizaron muestreos de pastura cada 28 días, para determinar disponibilidad (kgMS/ha), altura de forraje (cm.), proporción verde/seco de la pastura y calidad. El forraje fue cortado mecánicamente al ras del suelo dentro de rectángulos de 0,2 x 0,5 m. y secados en estufa de aire forzado a 60 ºC hasta peso constante para determinar la kg/ha MS y porcentaje de materia seca (%MS).

Se enviaron muestras de forraje y suplementos utilizados al Laboratorio de Nutrición Animal de INIA La Estanzuela, donde se realizaron análisis de proteína cruda (PC), digestibilidad de la materia orgánica *in vitro* (DMO), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y cenizas (C).

Desempeño animal

El peso vivo (PV) de los terneros fue registrado a primera hora de la mañana sin ayuno previo cada diez días durante los primeros 30 días de iniciado el experimento. Luego se registró el PV cada 14 catorce días, hasta finalizar el experimento.

Consumo y eficiencia de conversión (EC) del alimento

El consumo animal fue calculado mediante el cociente entre la diferencia los kg de suplemento ofrecidos y los kg de suplemento rechazado sobre la cantidad de días que se recargó el comedero de autoconsumo. En cuanto a la medición de consumo en el tratamiento en bateas se realizó el cociente entre la cantidad de alimento ofrecido sobre la cantidad de días y animales ya que no se registró rechazo.

La EC fue estimada mediante el cociente entre los kg de materia seca (MS) consumidos y la ganancia media diaria (GMD) de los animales.

Comportamiento animal

Luego de iniciada la fase de pastoreo se realizaron 6 observaciones del comportamiento animal cada diez días. Se tomaron registros de la actividad animal en 10 animales elegidos al azar por tratamiento cada 10 minutos desde las 7 hasta las 19 horas. Los registros tomados fueron: come en comedero (C), de pie (P), de pie cercano al comedero (PC), echado (E), toma agua (T) y pastorea (Pas).

Ultrasonografía de área de ojo de bife (AOF) y grasa subcutánea (GSC)

Se realizaron dos exámenes del músculo *Longissimus dorsi* y GSC por ultrasonografía, uno al inicio y otro al final del experimento. Se utilizó un transductor con una frecuencia de 5 MHz (Aloka SSD 500 Echo camera, Overseas Monitor Corp. Ltd., Richmond, BC).

Análisis estadístico

Los datos de PV de los terneros fueron analizados usando modelos lineales con medidas repetidas en el tiempo mediante PROC MIXED del SAS v9.2 (SAS Institute, INC., Cary, NC). Para la GMD de los terneros se usaron modelos lineales generales mediante PROC GLM del SAS v9.2 (SAS Institute, INC., Cary, NC). El modelo incluyó efectos del tratamiento, tiempo (edad) e interacción entre tratamiento por tiempo como efectos fijos y el ternero como efectos aleatorios. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey al $P<0,05$. Los datos se expresan en media ± error estándar de la media (e.e.m). Los datos de GSC fueron analizados de la misma manera que los pesos vivos, donde el modelo incluyó los efectos del tratamiento y edad al momento de realizada la ecografía.

Los datos de comportamiento se analizaron usando modelos lineales generales mediante PROC GLM del SAS v9.2 (SAS Institute, INC., Cary, NC). Las variables C, R, P, PC, E, T y Pas fueron determinadas por el efecto tratamiento como efecto fijo y el ternero como efecto aleatorio. Las comparaciones de medias fueron realizadas con

el test de Tukey al P<0,05. Los datos se expresan en media ± error estándar de la media (e.m).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Principales características de la pastura ofrecida

En el cuadro 2 se presentan las características del CN ofrecido para el pastoreo de los terneros.

Según Bermúdez y Ayala (2005) la producción de forraje de un campo natural sobre la Unidad Alférez, presenta una marcada estacionalidad estival, produciéndose en promedio, para una serie de 12 años, el 35% de la MS en esta estación. Como puede verse en el Cuadro 2, se encontró una elevada disponibilidad forrajera (kgMS/ha) para este año en particular. Esto se debió a que las precipitaciones acumuladas fueron un 27% superiores a la media (436 vs. 316 mm), lo que se vio reflejado en la producción de forraje. La producción de forraje en esta época del año se explica en un 57% por el nivel de precipitaciones (Bermúdez y Ayala, 2005). Las diferencias numéricas entre las disponibilidades encontradas entre los tratamientos puedo explicarse a que los animales de B-A y A-A destinaron menor tiempo al pastoreo respecto a los animales del tratamiento B-B.

Características del suplemento ofrecido

En el Cuadro 3 se presenta el valor nutritivo de los suplementos que fueron utilizados durante el período experimental. La digestibilidad de las raciones utilizadas varió en función del contenido de FDA y FDN. En este sentido se pudo ver que el suplemento que poseía mayor contendido de FDA y FDN presentó menor DMO. En cambio este último no presentaba como ingrediente cascara de arroz como fuente de fibra. La DMO representa la proporción del alimento que realmente es utilizado por el animal para el cumplimiento de sus funciones vitales y de producción. También puede ser considerado como un buen indicador del contenido energético del alimento.

Los suplementos utilizados en el sistema de autoconsumo presentaron valores intermedios de fibra.

Respecto a los otros parámetros analizados se observa que los suplementos utilizados al inicio del experimento son similares en % PC no siendo asi en los utilizados en el periodo final del mismo. Cabe destacar que

Cuadro 2. Disponibilidad, altura, calidad y porcentaje verde y seco promedio de la pastura según tratamiento

Característica	Tratamiento		
	B-B	B-A	A-A
Disponibilidad (kg MS/ha)	3597	4116	3802
Altura (cm)	9,41	10,58	10,68
MS (%)	35,30	37,83	39,38
PC (%)		7,48	
DMO (%)		41,93	
FDA (%)		47,72	
FDN (%)		70,57	
Cenizas (%)		10,39	
%Verde	61,53	63,58	62,63
%Seco	38,48	36,43	37,38

MS: Materia seca, PC: Proteína cruda, DMO: Digestibilidad de la materia orgánica, FDA: Fibra detergente ácida, FDN: Fibra detergente neutra. B-B: Bateas-Bateas; B-A: Bateas-Autoconsumo; A-A: Autoconsumo-Autoconsumo. Resultados de análisis: Laboratorio de Nutrición Animal - INIA La Estanzuela, 2013.

Cuadro 3. Valor nutricional de los suplementos utilizados durante el período experimental

Referencia	MS (%)	DMO (%)	PC (%)	FDA (%)	FDN (%)	C (%)
Ración primeros 30 d. Bateas*	91,68	80,40	21,41	12,08	19,33	7,67
Ración primeros 30 d. Autoconsumo*	91,81	75,78	21,94	16,95	21,25	9,73
Ración últimos 30 d. Bateas	90,48	69,35	19,02	18,24	27,94	11,91
Ración últimos 30 d. Autoconsumo	89,48	77,29	16,23	14,55	23,19	10,04

MS: Materia seca, DMO: Digestibilidad de la materia orgánica, PC: Proteína cruda, FDA: Fibra detergente ácida, FDN: Fibra detergente neutra. Resultados de análisis: Laboratorio de Nutrición Animal - INIA La Estanzuela, 2013. B-B: Bateas-Bateas; B-A: Bateas-Autoconsumo; A-A: Autoconsumo-Autoconsumo *Refiere a los primeros 30 días desde el comienzo del experimento (incluye acostumbramiento).

los alimentos fueron asignados en función de las características brindadas por la empresa racionera. Los datos que se presentan en el Cuadro 3 fueron los resultados de análisis de laboratorio, que difieren entre sí en algunos valores.

Evolución de PV y GMD de los terneros

El PV de los animales varió en forma desigual dependiendo del período de evaluación y según tratamiento. Sólo se detectaron pérdidas de PV durante el acostumbramiento a la nueva dieta. Dichas pérdidas se registraron en los tratamientos B-B y B-A, mientras que en A-A se encontraron incrementos de PV. Posiblemente estas pérdidas de PV se deban a una menor disponibilidad de alimento en los animales suplementados diariamente durante la etapa de acostumbramiento, ya que el estrés generado por el destete fue el mismo para todos.

La diferencia en las GMD encontradas fue en promedio de aproximadamente 0,490 kg/día a favor del tratamiento A-A respecto a los tratamientos B-B y B-A.

Las GMD encontradas en A-A durante el acostumbramiento (Figura 1) son similares a las reportadas por Simeone y Beretta (2002) y superiores a las encontradas por Quintans y Vázquez (2002). Por su parte Blanco y Montedónico (2003) encontraron pérdidas de PV algo superior a la registrada por los animales en B-B.

Luego en la etapa de pastoreo se registraron diferencias entre los tratamientos en cuanto a las GMD, donde el mayor incremento relativo de las mismas fueron experimentadas por los animales de los tratamientos A-A y B-A.

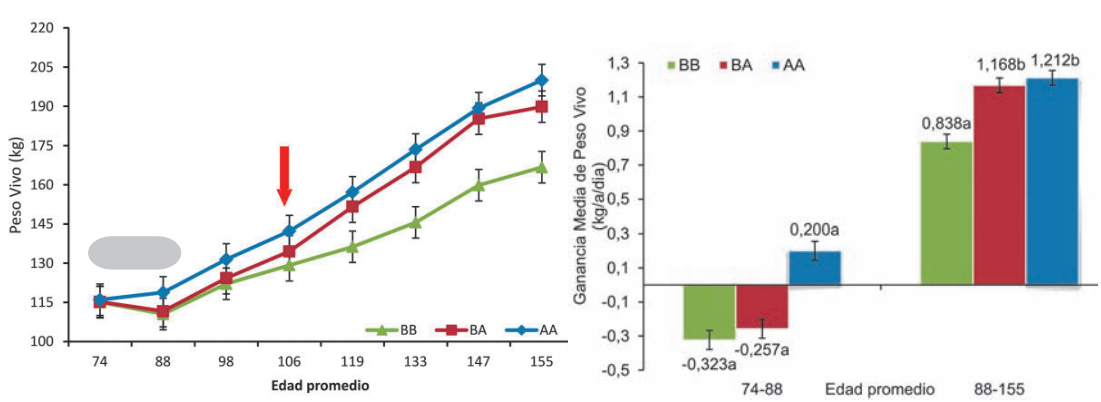


Figura 1. Evolución del PV de los terneros durante el periodo experimental (izquierda) y ganancias de peso diarias según período de registro de pesos (derecha). Cuadro gris indica período de acostumbramiento, flecha roja indica cambio de ración. B-B: Bateas-Bateas; B-A: Bateas-Autoconsumo; A-A: Autoconsumo-Autoconsumo. Edad Promedio 77-88: Acostumbramiento; 88-155: Pastoreo.

Como puede verse en la Figura 1, luego del cambio de dieta la pendiente de la curva de evolución de PV se hace menor para B-B. Es probable que el cambio de dieta haya repercutido en mayor medida en este último. En este caso, si bien se incrementó la cantidad de alimento ofrecido (de 1% PV a 1,5% PV), es probable que este aumento no haya sido suficiente para mantener las ganancias de peso hasta dicho momento.

La GMD promedio encontrada para el tratamiento B-B fue mayor (30%) a las GMD que se pueden encontrar en la bibliografía respecto a terneros mantenidos al pie de sus madres durante el verano. También este resultado fue similar al encontrado en Argentina por Bonatti *et al.* (1998) y en Uruguay por Rosas *et al.* (2007-2010) (GMD entorno a 0.850 kg/día, en terneros manejados a una asignación de forraje de 4% PV sobre pasturas sembradas con suplementación al 1% PV).

Las GMD registradas en B-A y A-A son similares a las encontradas en terneros de recría por Rovira (2012; com. pers.) alimentados con la misma ración comercial en autoconsumo sobre un CN mejorado y son entorno a 0,200-0,300 kg/día inferiores a las reportadas por Simeone *et al.* (2011c) en condiciones de suministro de ración en autoconsumo a corral (Cuadro 4).

Cuadro 4. Evolución del PV de los animales según período por tratamiento

Tratamiento	Periodo		
	Acostumbramiento		Pastoreo
	Inicio (kgPV±e.m)	Fin – Inicio (kgPV±e.m)	Fin (kgPV±e.m)
B-B	115a±6,0	119a±6,0	167a±6,0
B-A	115a±6,0	112a±6,0	190ab±6,0
A-A	116a±6,0	111a±6,0	200b±6,0

B-B: Bateas-Bateas; B-A: Bateas-Autoconsumo; A-A: Autoconsumo-Autoconsumo
Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre medias dentro de la columna p<.05

Los animales de A-A fueron un 20% más pesados que los del tratamiento B-B. En cambio los animales de B-A se diferenciaron en menor medida (14%) con los de B-B (190 kg PV vs. 167 kg PV, para B-A y B-B respectivamente). Las diferencias en el peso final de los animales son coincidentes con las diferencias en el espesor de grasa subcutánea registradas (2,4 vs. 1,8 mm, para A-A y B-B, respectivamente; p<0,5).

En el Cuadro 5 se presenta el nivel de consumo de suplemento en relación al PV de los animales según tratamiento. Solamente durante el primer período (acostumbramiento) los animales mantuvieron un consumo individual promedio por debajo de la cantidad de ración asignada (1 kg/día tratamientos B-B y B-A; 2,5% PV A-A).

Cuadro 5. Consumo promedio de suplemento en kgMS/día, porcentaje de peso vivo y eficiencia de conversión según período experimental, expresado por cada grupo de animales

Tratamiento	Acostumbramiento		Pastoreo		
	kg/MS	%PV	kg/MS	%PV	EC (kgMS/kgPV)
B-B (kgMS)	0,92	0,80%	1,65	1,21%	2,59
B-A (kgMS)	0,92	0,80%	4,97	3,41%	4,10
A-A (kgMS)	2,11	1,82%	5,06	3,32%	4,13

B-B: Bateas-Bateas; B-A: Bateas-Autoconsumo; A-A: Autoconsumo-Autoconsumo
EC: (kg de ración consumidos por día/kg de ganancia de peso diaria)[1].

[1] No considera el consumo de pasto, por lo que no debe tomarse como respuesta a la suplementación.

En el periodo bajo pastoreo los tratamientos B-A y A-A registraron un alto consumo de ración, resultado similar al obtenido por Rovira (2012; com. pers.) en recría de terneros durante invierno. Esto indicaría que la cáscara de arroz no fue físicamente efectiva en limitar el consumo ya que el tamaño de la partícula fibrosa no fue suficiente como para generar efecto de llenado a nivel ruminal (Mertens, 2002; Bargo *et al.,* 2006; Turiello, 2012). En cambio, no se detectaron problemas a nivel digestivo en los animales a pesar de que mantuvieron altos niveles de consumo de ración dado que la cáscara de arroz posiblemente haya sido efectiva en impedir que disminuya el pH ruminal por debajo de lo que generaría acidosis en los animales (Calsamiglia, 1997; Van Horn, citado por Ayçaguer *et al.,* 2011; Turiello, 2012). Este podría ser el fundamento del uso de este tipo de raciones a nivel de confinamiento ya que se mantiene un ambiente ruminal sano sin limitar el consumo (Simeone *et al.,* 2011c).

Vale destacar que las categorías en crecimiento, el nivel de consumo que pueden experimentar se relaciona positivamente con su peso vivo, por lo que proporcionalmente (% PV) pueden encontrarse mayores niveles de consumo de éstos frente a animales adultos (Forbes, 1995).

Durante la etapa de pastoreo se observó que la EC difiere sensiblemente entre los tratamientos, resultado esperable ya que en la medida que el nivel de suplementación en pastoreo se incrementa, los animales tienden a ser menos eficientes. Debe considerarse que la EC fue calculada sin tener en cuenta el consumo de forraje y/ó la comparación contra un testigo sin suplementación lo que determina que la EC no pueda considerarse como respuesta a la suplementación. Igualmente se vio una aceptable EC en los animales a los que se les aplicó destete precoz convencional, similar a las encontradas por otros autores (Simeone *et al.,* 1997; Simeone *et al.,* 2005 citados por Beretta y Simeone, 2008). En cambio, Simeone *et al.* (2011c) en autoconsumo en condiciones de confinamiento, reportaron una EC de 2,34 kg de alimento por cada kg de incremento de peso, sensiblemente menores a las encontradas en B-A y A-A en este trabajo ya que en condiciones de corral los animales disminuyen entre un 10 y 15% sus requerimientos de mantenimiento.

Comportamiento animal

Existieron variaciones en la proporción del tiempo que dedicaron los animales a desarrollar ciertas actividades.

Como puede verse en la Figura 2, se pudo registrar que hubo un efecto del tratamiento en la conducta de los animales. Esto se vio reflejado en que los animales del tratamiento B-B permanecieron más tiempo pastoreando respecto a B-A y A-A, respectivamente (entre 115 y 178 minutos; P<0,05). Similares resultados fueron obtenidos por Rovira *et al*. (2007).

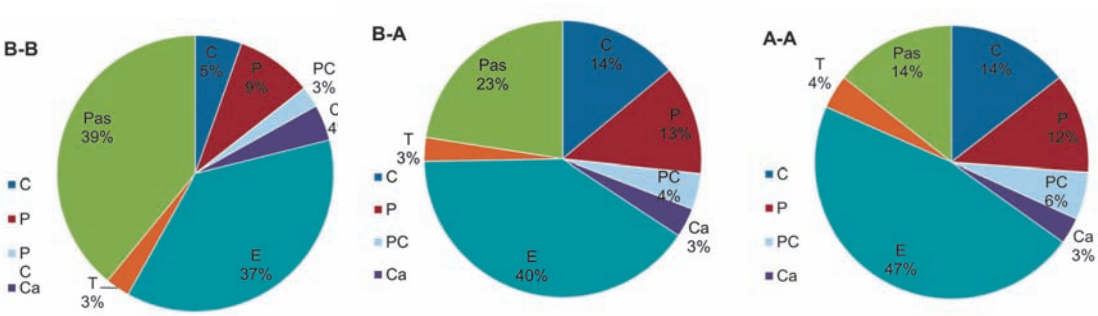


Figura 2. Actividad de los animales expresada en porcentaje del tiempo total de visualización (12 h) según tratamiento.

C: come en comedero; P: de pie; PC: de pie cercano al comedero; Ca: Camina; E: echado; T: toma agua y Pas: pastorea. B-B: Bateas-Bateas; B-A: Bateas-Autoconsumo; A-A: Autoconsumo-Autoconsumo

Cuadro 6. Duración promedio (minutos) de las diferentes actividades desarrolladas por los animales entre las 7 y 19 horas para 6 días de visualización

Tratamiento	Actividad (mins)						
	C	P	PC	Ca	E	T	Pas
	Media±e.m	Media±e.m	Media±e.m	Media±e.m	Media±e.m	Media±e.m	Media±e.m
B-B	39b±11	64a±17	18b±7	30a±4	265b±16	20**b**±4	280a±27
B-A	102a±11	93a±17	31ab±7	25a±4	296ab±16	20**ab**±4	165b±27
A-A	102a±11	83a±17	40a±7	22a±4	331a±16	28**a**±4	102b±27

C: come en comedero; P: de pie; PC: de pie cercano al comedero; Ca: Camina; E: echado; T: toma agua y Pas: pastorea. B-B: Bateas-Bateas; B-A: Bateas-Autoconsumo; A-A: Autoconsumo-Autoconsumo
Letras diferentes indican diferencias significativas entre medias dentro de la columna p<.05.
Letras negritas diferentes indican diferencias significativas entre medias dentro de la columna p<.10.

En el Cuadro 6, se presenta la duración de cada actividad desarrollada. Se encontró que en los tratamientos que los animales permanecieron más tiempo consumiendo ración en el comedero de autoconsumo, estuvieron menos tiempo pastoreando y mayor tiempo echados. Por lo tanto podría decirse que el tiempo que no fue destinado al pastoreo, fue sustituido por un mayor tiempo de consumo de ración y mayor tiempo echados (evidencia de sensación de saciedad por parte de éstos) por parte de los animales de A-A y B-A. Esto es consistente teniendo en cuenta que los animales de los tratamientos A-A y B-A disponían de suplemento *ad libitum*.

Actividad de consumo de ración

En primer lugar se encontró una gran concentración de animales consumiendo ración al momento de suministro de la misma en el tratamiento B-B. Además se pudo registrar en 4 de las 6 observaciones realizadas (66%) que los animales volvían al comedero en busca de suplemento horas más tarde de finalizado su consumo.

En segundo lugar, en promedio el mayor registro de visitas al comedero ocurrió temprano en la mañana (entre las 7 y 10 am) en los tratamientos B-A y A-A, aunque pueden visualizarse oscilaciones a lo largo del día dependiendo de las condiciones climáticas. Durante el periodo de tiempo de consumo se encontró un máximo de 8 animales en el comedero y un mínimo de 1, promediando en 3 animales por visita.

En el 66% de los casos, los animales de B-A no consumieron ración entre las 10:30 y 12:50. El primer día de observación (2 días después al comienzo de la fase de pastoreo) se registró la menor cantidad de visitas al comedero, lo que indicaría la poca familiarización de los animales con el sistema.

En tercer lugar, los animales que consumieron mas alimento, tendieron a presentar mayor número de visitas al bebedero y tiempo en torno a este. Esta tendencia determina la necesidad de controlar la disponibilidad de agua y calidad de la misma para satisfacer el incremento en la demanda hídrica por los animales.

Actividad de pastoreo

En el tratamiento B-B se registró el mayor tiempo de pastoreo por parte de los animales no sólo para el total de las 6 observaciones sino que dentro de ellas. En este sentido los animales pastorearon entre un 13 y 25% más que el resto. Los terneros de B-A y A-A destinaron mayor tiempo a permanecer echados en lugar de pastorear.

Esta se distribuyó a lo largo del día de manera similar a la actividad C (come en comedero) ya que se concentró el pastoreo temprano en la mañana y en la tardecita (a excepción de la cuarta visualización), momentos del día en que la temperatura es menor al igual que la incidencia de radiación solar. Esto fue comprobado mayormente en el tratamiento en el tratamiento B-B durante las visualizaciones en las que los animales permanecían a la sombra en los momentos que no pastoreaban.

CONCLUSIONES

La disponibilidad de trabajos en destete precoz evaluando la performance del ternero es abundante aunque es escasa y no documentada la información sobre experiencias que hayan utilizado el suministro de ración en comederos de autoconsumo durante y después del periodo de acostumbramiento en condiciones de pastoreo de CN.

Se encontraron diferencias significativas en los PV y GMD diarias obtenidas a favor de los tratamientos A-A y B-A. Los PV logrados pueden ser una buena alternativa de colocación de los animales destetados en sistema de invernada intensiva de animales jóvenes y/ó entore a los 15 ó 18 meses.

Se obtuvieron adecuadas GMD desde el punto de vista productivo, pero económicamente muy dependientes de las relaciones de precios suplemento vs. precio del ternero en A-A y B-A explicado por un mayor consumo de concentrado. Por lo tanto es destacable performance de los animales destetados precozmente bajo el sistema tradicional.

El sistema de autoconsumo determinó que los animales sustituyan tiempo de pastoreo por consumo de suplemento y/ó a permanecer echados. Se notó una tendencia de incremento del consumo de agua, lo que determina la necesidad de disponer agua suficiente en cantidad y calidad para obtener éxito en dicho manejo.

Los terneros que no tuvieron acceso a los comederos de autoconsumo (B-B) fueron los que registraron mayor tiempo de pastoreo.

Cabe destacar que éstos son resultados preliminares, producto de un solo experimento. Se requiere continuar generando información en este tema, ya que teniendo en cuenta la baja disponibilidad de mano de obra en los sistemas de producción actuales, el destete precoz en comederos de autoconsumo puede ser una herramienta muy práctica.

AGRADECIMIENTOS

Al trabajo y dedicación por parte del personal de apoyo de la Unidad Experimental Palo a Pique y en especial a Juan Luis Acosta y Gustavo Pereira.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYÇAGUER, S.; IRIÑIZ, J.; MARTINEZ, V. 2011. Evaluación de fuentes alternativas de fibra en dietas altamente concentradas para novillos y terneros alimentados a corral. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. 81 p.

BERETTA, V.; SIMEONE, A. 2008. Alimentando terneros de destete precoz. In: Xº Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC). EEMAC, Paysandú. p.16-19.

BERETTA, V.; SIMEONE, A; **ELIZALDE, J**.; **CAORSI, C.; LAMARCA, M.** 2012. Destete precoz a corral; una nueva herramienta para una nueva cría. In: XIVº Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC). EEMAC, Paysandú. p.16-26.

BERMÚDEZ, R.; AYALA, W. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de lomadas del este. In: Gómez Miller, R.; Albicette, D.; M. eds. Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural, INIA Montevideo, Uruguay. p. 33-40. (Serie Técnica 151).

BLANCO, L.; MONTEDÓNICO, O. 2003. Efecto de diferentes tratamientos de control del amamantamiento sobre la performance reproductiva en vacas de carne en condiciones comerciales. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. 130 p.

BONATTI, R.; MONTESANO, A.; DE LA MOTTA, H.; BOCCO, O.; BEQUET, H.; PEÑAFORT, C. 1998. Destete precoz sobre pasto lloron (Eragrostis curvula (Schrader) Nes): efecto sobre vacas y terneros. Revista Argentina de Producción Animal 18: 62.

CALSAMIGLIA, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. In: Curso de Especialización FEDNA (8°, 1997, Madrid). Avances en nutrición y alimentación animal. Madrid, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. pp. 3-19.

DI MARCO, O. 1994. Crecimiento y respuesta animal. Mar del Plata: Asociación Argentina de Producción Animal. 129 p.

DI MARCO, O. 2006. Crecimiento de vacunos para carne. Balcarce: Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 204 p.

ENRÍQUEZ, D.; UNGERFELD, R.; QUINTANS, G.; GUIDONI, A.; HÖTZEL, M. 2010. The effects of alternative weaning methods on behaviour in beef calves. Livestock Science 128: 20-27.

FORBES, J. 1995. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Guildford: Biddles Ltd. 532p. ISBN: 0 85198 908 X

LACUESTA, P.; VÁZQUEZ, A. 2001. Efecto del destete precoz y la condición corporal al parto sobre la performance reproductiva en vacas primíparas. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. 157 p.

MERTENS, D. 2002. Measuring fiber and its effectiveness in ruminant diets. Madison, Wisconsin, USDA-ARS/US. Dairy Forage Research Centre. 68(1):40-44.

PALLADINO, A.; **WAWRZKIEWICS, M.; BARGO, F.** 2006. La fibra. In: Infortambo (Buenos Aires) 202:82-84. [On line] [Consulta: 3 de julio de 2013] Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/66-fibra.pdf

PIMENTEL, C.; DESCHAMPS, J.; OLIVEIRA, J.; CARDELINO, R.; PIMENTEL, M. 1979. Effects of early weaning on reproductive efficiency in beef cows. vol. 11, 6, 421-427.

PEREIRA, G.; SOCA, P. 1999. Aspectos relevantes de la cría vacuna del Uruguay. In: Seminario Organización de la Cría, San Gregorio de Polanco, Tacuarembó, Uruguay. Instituto Plan Agropecuario. [On line] [Consulta: 10 de febrero de 2013] Disponible en: http://www.fagro.edu.uy/csocial/criavac/ASPECTOS%20RELEVANTES%20DE%20LA%20CRIA%20VACUNA%20EN%20EL%20URUGUAY.pdf

PORDOMINGO, A. 1997. Las implicancias del destete precoz en la cría de bovinos para carne en la región semiárida central. Memorias del Primer Congreso Nacional sobre Producción Intensiva de Carne. Bs. As. Argentina. p.80-95.

PORDOMINGO, A. 2002. Early weaning and length of supplementation effects en beef calves. Journal of Range Management 55: 327-335.

QUINTANS, G. 2002. Control del amamantamiento: una alternativa para aumentar el porcentaje de preñez en vacunos. In: INIA Treinta y Tres. Jornada anual de producción animal: resultados experimentales. Treinta y Tres: INIA. cap. 2 p.57-58. (Serie de Actividades de Difusión 294).

QUINTANS, G. 2008. Manejo del rodeo de cría: destete precoz. Cartilla INIA Uruguay, no. 2. p.1-2. [On line] [Consultado el: 20 de diciembre del 2012]. Disponible en: http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=1630

QUINTANS, G.; PIGURINA, G.; PAIVA, N. 1999. Rodeo de cría: alternativas de manejo para la zona este bovinos para carne. In: INIA Treinta y Tres. Producción animal: Unidad Experimental Palo a Pique. Treinta y Tres: INIA. cap. 2 p. 1-23. (Serie de Actividades de Difusión 195).

QUINTANS, G.; VÁZQUEZ, A. 2002. Efecto del destete precoz en vacas y terneros: resultados de tres años. In: INIA Treinta y Tres. Jornada anual de producción animal: resultados experimentales. Treinta y Tres: INIA. cap. 2 p.58-63. (Serie de Actividades de Difusión 294).

QUINTANS, G.; VÁZQUEZ, A.; WEIGEL, K. 2009. Effect of suckling restriction with nose plates and premature weaning on postpartum anestrous interval in primiparous cows under range conditions. Animal Reproduction Science 116:10-18

ROVIRA, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo: Hemisferio Sur. 336p. ISBN: 978-9974-674-05-9

ROVIRA, P.; VELAZCO, J.; QUINTANS, G. 2007. Comportamiento productivo y conducta de terneros suplementados en comederos de autoconsumo sobre campo natural. In: INIA Treinta y Tres. Jornada de divulgación de la Unidad Experimental Palo a Pique. Treinta y Tres: INIA. p. 5-14. (Serie de Actividades de Difusión 511).

ROSAS, D.; TEIXEIRA, P.; PEÑASCO, A.; IGLESIAS, D. 2007-2010. Manejo nutricional de terneros de parición otoñal destetados precozmente. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay. 56 p.

SARAVIA, I.; WIJMA, R. 2011. Efecto del destete precoz en el desempeño reproductivo en vacas primíparas lactando en el invierno y su impacto en sus terneros. Tesis DMV. Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Uruguay. 75 p.

SCAGLIA, G. 1998. Alimentación del ternero. In: INIA Treinta y Tres. Jornada anual de producción animal. Treinta y Tres: INIA. p. 31-37. (Serie de Actividades de Difusión 172)

SIMEONE, A.; BERETTA, V. 1997. Manejo del rodeo de cría: Resultado económico de la aplicación de un destete precoz. Revista Cangüé Uruguay no. 10, p. 2-7.

SIMEONE, A.; BERETTA, V. 2002. Destete precoz en Ganado de Carne Montevideo: Hemisferio Sur. 118p. ISBN: 9974-645-28-9.

SIMEONE, A.; BERETTA, V.; ÁLVAREZ, G.; RUIZ, G.; URRUTIA, M. 2000. Efecto del destete precoz sobre la evolución de peso vivo de terneros cruza de parición otoñal. Congreso Latinoamericano de Producción Animal. Montevideo.

SIMEONE, A.; BERETTA, V.; ELIZALDE, J.; CAORSI, J. 2011a. Cuantificando la importancia de la sombra en un corral de terneros destetados precozmente. In: XIIIº Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC). EEMAC, Paysandú. p.14-20.

SIMEONE, A.; BERETTA, V.; ELIZALDE, J.; CAORSI, J.; GAMBA, D.; TERZIÁN, A. 2011b. Evaluación de diferentes tipos de proteína en terneros destetados precozmente y alimentados a corral. In: XIIIº Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC). EEMAC, Paysandú. p. 21-25.

SIMEONE, A.; BERETTA, V.; ELIZALDE, J.; CAORSI, J.; MANALINSKY, E.; RODRIGUEZ, F. 2011c. Destete Precoz, autoconsumo y dieta sin fibra larga: ¿es posible combinar estos tres elementos en un sistema de alimentación a corral? In: XIIIº Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC). EEMAC, Paysandú. p. 26-31.

SIMEONE, A.; TRUJILLO, A.; CORDOBA, G.; GIL, J.; RODRIGUEZ, M.; ZANONIANI, R.; BACCINO, F; UMPIERREZ, M. 1997. Efecto del destete precoz y de dos sistemas de alimentación post-destete sobre la ganancia de peso de terneros Hereford hasta los 15 meses de edad. Revista Argentina de Producción animal 17: 58-59.

TORRES, C.; ELIZONDO, G. 2011. Efectos del destete precoz en situaciones de sequía extrema: 2. Terneros. REVISTA Argentina de Producción Animal. vol. 31: 218.

TURIELLO, M. 2012. Fibra de forrajes y la dieta de vacas lecheras. [On Line] [Consultado: 01 de julio de 2013]. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/123-FIBRA.pdf

VAZ, R.; LOBATO, J.; PASCOAL, L. 2011. Desenvolvimento de bezerros de corte desmamados aos 80 ou 152 dias até os 15-16 meses de idade. Revista Brasileira de Zootecnia. vol.40, 1:221-229.

VIZCARRA, J. 1989. Algunas estrategias para el manejo del rodeo de cría. In: MGAP. DGTT. CIAAB. Jornada: estrategias de suplementación de pasturas en sistemas intensivos. Montevideo: CIAAB p. 1-15.

DESTETE EN GANADO DE CARNE: COMO MINIMIZAR LAS CONSECUENCIAS NEGATIVAS PARA EL TERNERO Y PARA LA VACA

Rodolfo Ungerfeld[1]
María J. Hötzel[2]
Graciela Quintans[3]

RESUMEN

En los sistemas productivos se realiza el destete en una etapa mucho más temprana de lo que ocurriría naturalmente y en forma abrupta. Pese a que el resultado productivo global es positivo, si no se toman algunos cuidados en el manejo, el destete tiene implicancias negativas en la ganancia de peso y el bienestar, tanto del ternero como de la vaca. Las respuestas comportamentales y las fisiológicas provocadas por el destete indican efectos negativos para el bienestar de estos animales. Por ello, durante los últimos años se han desarrollado estrategias de destete que minimicen las respuestas de estrés. Las principales son manejos de destetes en dos tiempos, donde se separa en el tiempo el cese del amamantamiento de la separación física de la madre. Eso se puede hacer a través de la separación de la madre alambrado por medio o con el uso de tablillas nasales que impiden el amamantamiento en forma previa al destete definitivo, siendo el uso de tablillas nasales mejor para disminuir los efectos negativos. En trabajos recientes hemos comprobado que ese método también puede disminuir la pérdida de ganancia de peso de las vacas y el tiempo que las mismas costean los alambrados, lo que implica una ventaja para la conservación del suelo y las pasturas.

Palabras clave: amamantamiento, bienestar, estrés, lactación, rumiantes

ABSTRACT

In production systems, weaning is performed abruptly and at an earlier stage than it happens naturally. Despite of the fact that the overall productive outcome is positive, if r if extreme care is not taken into account, weaning has negative consequences not only in weight gain but also in welfare of both calf and cow. The physiological and behavioral responses caused by weaning indicate negative effects on the welfare of these animals. That's why in recent years, some strategies have been developed to minimize weaning stress responses. The main managements are two-stages weaning, where the breastfeeding cessation takes place in a different time than the physical separation between calf and cow. This can be done through the installation of a fence between them, or as the result of putting nose plates in calves in order to prevent breast feeding prior to weaning. The second one is the better of these two methods, because it decreases the negative effects. In recent works, we also demonstrated that this method can also reduce the loss of weight gain of cows and the time that they walk along fences, which can be an advantage for the conservation of soil and pasture.

Key words: suckling, welfare, stress, lactating, ruminants

[1]Lic., PhD. Departamento de Fisiología, Facultad de Veterinaria, UdelaR.
[2]D.M.V., PhD. Departamento de Zootecnia e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
[3]Ing. Agr., PhD. Programa Nacional de Carne y Lana –INIA Treinta y Tres.

INTRODUCCIÓN

El destete es un evento clave en los sistemas productivos de bovinos de carne, ya que es determinante del reinicio de la ciclicidad de las vacas durante el posparto. Si bien la información disponible sobre el destete natural en los bovinos es muy escasa, se ha planteado que el mismo se produce entre los 7 y los 14 meses (Reinhardt y Reinhardt, 1981), a partir de que la vaca rechaza a la cría, lo que incluso puede ser acompañado de un aumento de la agresividad hacia la misma (Broom y Fraser, 2007). Por el contrario, en los sistemas productivos el destete es mucho más temprano, y en general se lo realiza en forma abrupta. De acuerdo al manejo y la edad a la que se lo aplique, el destete puede ser hiperprecoz, precoz, tradicional, o tardío. Se lo considera hiperprecoz cuando se realiza al mes de edad; precoz, cuando se efectúa entre los dos y tres meses de edad; tradicional, cuando se realiza entre los cinco y seis meses; y tardío, cuando se produce luego de los seis meses.

Cualquiera de los manejos de destete implica una ruptura del vínculo madre-cría mucho más temprano que lo que se produciría en forma espontánea. Esto determina que el destete sea un evento muy estresante, tanto para la vaca (Lefcourt y Elsasser, 1995; Ungerfeld *et al.,* 2011) como para el ternero (Price *et al.,* 2003; Enríquez *et al.,* 2011). En la vaca se ha observado la activación del eje hipotálamo-hipófiso-adrenal (Lefcourt y Elasser, 1995), aumento de temperatura corporal (Lynch *et al.,* 2010), aumento de la glicemia y disminución de los ácidos grasos no esterificados (Lynch *et al.,* 2010), cambios en las proteínas hematológicas y en la fórmula leucocitaria (Lynch *et al.,* 2010; Ungerfeld *et al.,* 2011). Otro problema asociado al destete que determinamos recientemente es que al cesar bruscamente el amamantamiento la cantidad de células somáticas sube de 255 ± 179 cels x 10^3/mL a 6636 ± 1388 cels x 10^3/mL. Además, se desencadenan los típicos comportamientos de estrés, incluyendo una alta frecuencia de vocalizaciones y de costeo, al tiempo que disminuye el consumo (Galindo-González *et al.,* 2007), el tiempo dedicado a pastorear y al descanso (Ungerfeld *et al.,* 2010), lo que afecta el peso de los animales y las pasturas del potrero. El ternero no solo pierde el vínculo con la madre, sino también la pérdida del acceso a la ubre y la succión, cambios bruscos en la alimentación, y en muchos casos el realojamiento en nuevos lugares con otros animales, lo que también implica cambios en la estructura y vínculos sociales. En los terneros se pueden ver los mismos comportamientos indicadores de estrés, y en general, durante los primeros días se observa una disminución del peso corporal. En síntesis, tanto para la madre como para el ternero, el destete constituye uno de los eventos más estresantes generados como consecuencia de los manejos productivos, que si bien es necesario para incrementar los resultados reproductivos, genera también consecuencias productivas y de bienestar indeseables.

En función de lo anterior, durante los últimos años (a partir del 2006) hemos desarrollado una línea de investigación evaluando estrategias de destete que minimicen las respuestas de estrés. En esta revisión nos planteamos sintetizar la información sobre manejos alternativos y/o complementarios al destete abrupto, incluyendo información generada en forma reciente en nuestro país.

COMO SE ESTUDIA EL ESTRÉS EN ANIMALES EN EL CAMPO

Antes de discutir las estrategias es oportuno aclarar la base científica de la evaluación del estrés en animales. Los animales pueden responder al estrés manifestando cambios en el comportamiento, cambios en el sistema nervioso autónomo y la producción de catecolaminas, cambios neuroendócrino en el sistema hipotálamo-hipofisario, y cambios en la función inmune (Squires 2003). El comportamiento tiene la ventaja de que se puede estudiar de forma no invasiva y puede brindar una visión directa de la situación desde la perspectiva del animal (Dawkins 2006). Comportamientos útiles para el monitoreo del bienestar incluyen el nivel de actividad, la postura, la vocalización, la agre-

sividad, los patrones de movimiento, alimentación y de ingesta de agua (Squires, 2003). Los cambios de esos comportamientos en respuesta a manejos generalmente reflejan cambios fisiológicos o en los estados emocionales de los animales, de acuerdo con diversos estudios desarrollados en condiciones controladas, y por lo tanto son considerados indicadores de estrés en los animales.

CAMBIOS COMPORTAMENTALES OBSERVADOS TRAS EL DESTETE

Desde hace varios años hemos desarrollado varios trabajos en que se estudian los cambios que se producen con el destete en vacas y terneros de carne (razas Hereford y Hereford X Angus) en condiciones de pastoreo. Dado la escasa información nacional e internacional publicada, describiremos los cambios observados en forma repetida cuando se destetan terneros en forma tradicional, a los 5-6 meses (destete de otoño).

Vacas

La información sobre los cambios comportamentales en vacas de carne tras el destete es escasa. En forma sistemática hemos visto que luego del destete las vacas disminuyen el tiempo de descanso (paradas y echadas, Figura 1A y 1B) aumentando la actividad (caminando, Figura 1C), pero sobre todo aumentando el tiempo en que hacen «pacing» o costean (caminatas continuas y repetidas contra el alambrado que limita el potrero) (Figura 1D). El aumento en el tiempo caminando y costeando se mantiene aproximadamente dos días, a la vez que el tiempo paradas ya comienza a aumentar el segundo día posdestete. En síntesis, estos cambios demuestran una gran inquietud, además de que el comportamiento costeando ha sido relacionado a la búsqueda de la cría (Enríquez *et al.,* 2011; Napolitano *et al.,* 2008). A su vez, esa respuesta se ve acompañada de una disminución del tiempo pastando y rumiando (Figuras 2A y 2B). La me

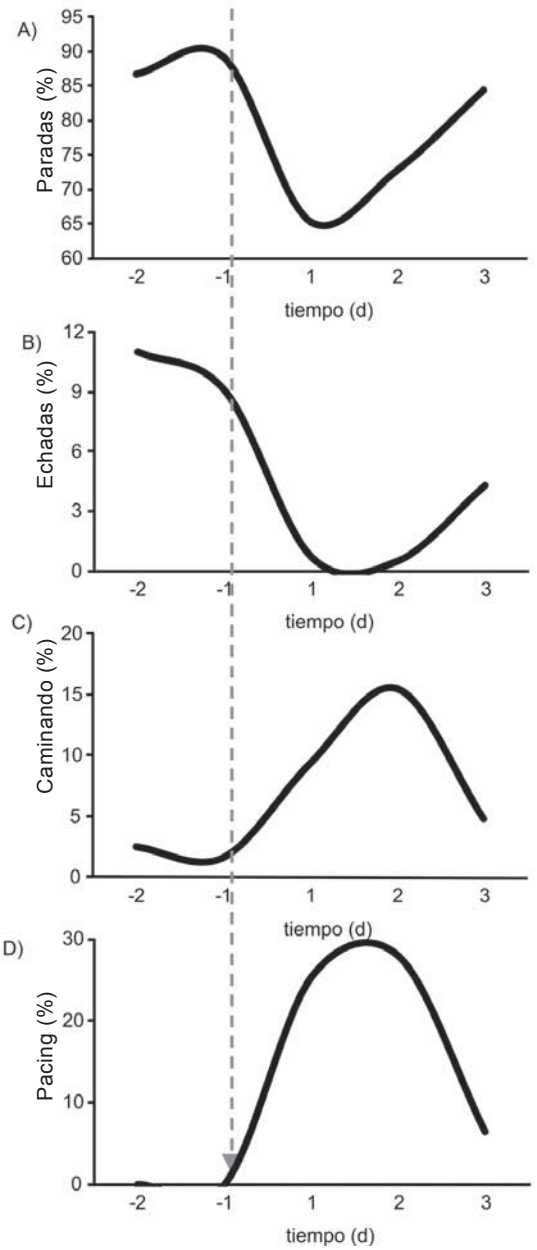


Figura 1. Frecuencia en que las vacas son observadas A) paradas, B) echadas, C) caminando, y D) Pacing costeando (caminatas continuas y repetidas contra el alambrado que limita el potrero) antes y después del destete. La flecha punteada indica el momento del destete. Notar que las escalas de las ordenadas son diferentes para cada comportamiento. Datos redibujados a partir de Ungerfeld *et al.* (2011).

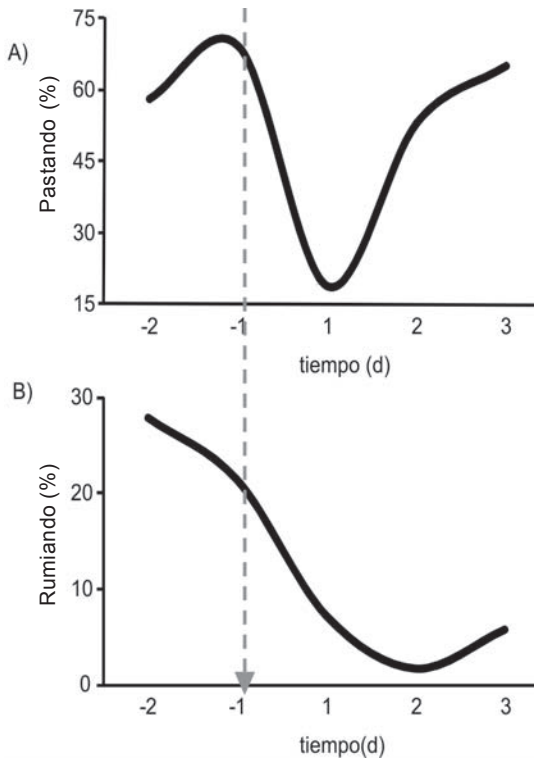


Figura 2. Frecuencia en que las vacas son observadas A) pastando, B) rumiando antes y después del destete. La flecha punteada indica el momento del destete. Notar que las escalas de las ordenadas son diferentes para cada comportamiento. Datos redibujados a partir de Ungerfeld *et al.* (2011).

nor dedicación al pastoreo se puede vincular a la mayor inquietud y menor tiempo disponible para ello, pero como se muestra en la Figura 2B, la disminución del tiempo de rumia se mantiene por varios días, y estaría causada en forma directa por el estrés (Negrão *et al.,* 2010). Por último, hay un aumento muy marcado de la frecuencia de vocalizaciones, con un pico muy marcado el primer día, seguido de una disminución pero manteniendo una frecuencia importante el segundo y tercer día posdestete (Figura 3). Obviamente, el aumento de la actividad al mismo tiempo que disminuye el pastoreo y la rumia determina una disminución del peso corporal. En un trabajo realizado recientemente observamos que vacas que tenían una ganancia diaria de peso antes del destete de 2,4 ± 0,1 kg (en excelente situación forrajera), pasaron a perder 3,9 ± 1,4 kg/día durante los 5 días siguientes al destete (manteniéndose en el mismo potrero).

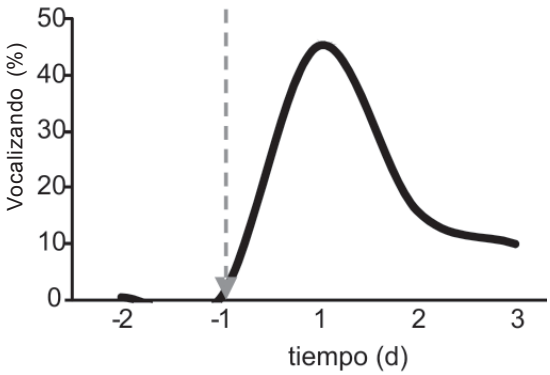


Figura 3. Cambios en la frecuencia de vocalizaciones de las vacas a partir del destete (flecha punteada). Datos redibujados a partir de Ungerfeld *et al.* (2011).

Terneros

En el caso de los terneros, luego del destete hemos observado una disminución del tiempo que están parados, que dura unos 2-3 días (Figura 4A), un ligero aumento en el tiempo echados (Figura 4B), el que probablemente sea consecuencia del aumento del tiempo caminando (Figura 4C) y costeando (Figura 4D). Si bien no es directamente comparable, dado que los registros no fueron realizados en simultáneo, es interesante que los cambios de actividad de los terneros son sensiblemente menores que los de las vacas (Figura 1C y 1D vs 4C y 4D). Si bien esto no implica necesariamente menores niveles de estrés, al menos estos no se manifiestan tan marcadamente como en sus madres.

Los terneros disminuyen el tiempo pastando durante los 2-3 días, y varían el tiempo dedicado a la rumia, habiendo observado aumentos o disminuciones. También se observa un aumento marcado en la frecuencia de vocalizaciones que dura 1-2 días, pero que tampoco es tan marcado como el observado en las vacas (ver Figuras 3A y 5A). Otro cambio interesante que se ve en los terneros es un cese absoluto del comportamiento de juego, cese que se mantiene por mucho tiempo (Figura 5B). Más aún, en un trabajo reciente observamos que los terneros a los que se les aplicó un destete temporario con tablilla nasal en diciembre, en abril todavía juegan

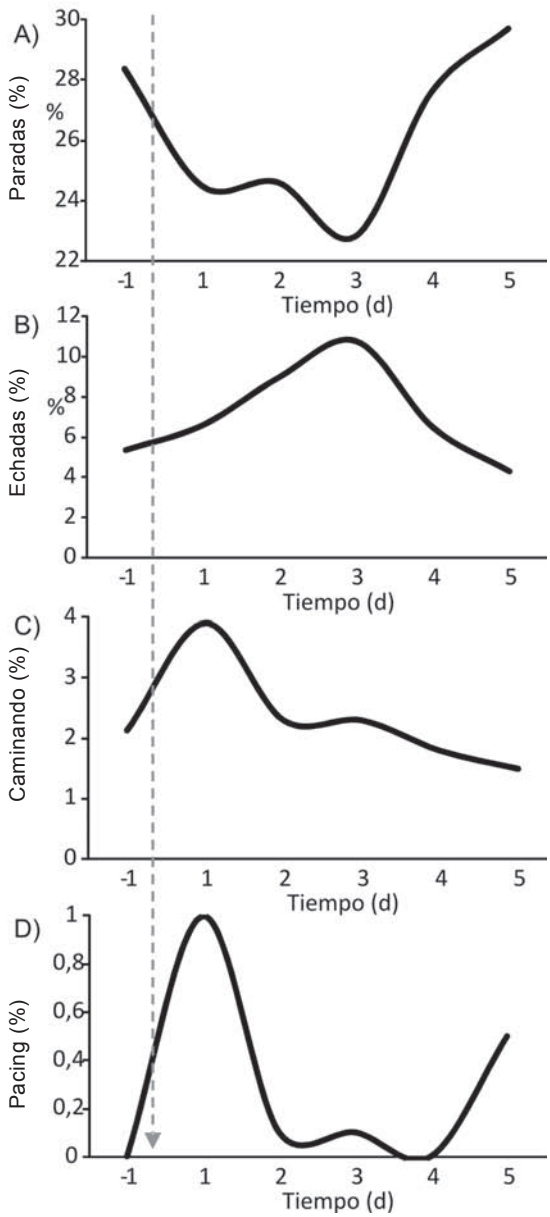


Figura 4. Frecuencia en que los terneros son observados A) parados, B) echados, C) caminando, y D) Pacing costeando (caminatas continuas y repetidas contra el alambrado que limita el potrero) antes y después del destete. La flecha punteada indica el momento del destete. Notar que las escalas de las ordenadas son diferentes para cada comportamiento. Datos redibujados a partir de Ungerfeld *et al.* (2009).

casi 3 veces menos que los que no tuvieron ese destete temporario, a pesar de haber permanecido junto a su madre durante el mismo (Hötzel *et al.,* 2012).

FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA AL DESTETE

A diferencia del destete natural, el destete artificial implica el pasaje brusco a la independencia nutricional del ternero (Lee, 1997). Por tanto, el aprendizaje previo, capacidad y madurez fisiológica, y acceso a diferentes alimentos condicionan la reacción de los terneros al destete. En ese sentido, la edad de los terneros a los que se realiza el destete puede afectar la respuesta al mismo. Si bien no se han realizado trabajos en que se compare la respuesta de acuerdo a la edad, los terneros destetados en forma hiperprecoz y precoz requieren de un mayor seguimiento por los riesgos sanitarios, además de presentar mayor dificultad para aprender a alimentarse en forma independiente.

La intensidad de vínculo con la madre disminuye gradualmente hacia el destete natural, disminuyendo la frecuencia de amamantamiento. En función de ello, Lay *et al.* (1998) compararon el aumento de vocalizaciones y de costeando de los terneros criados con lactancia restringida (2 h/d) y aquellos que tuvieron un contacto continuo con sus madres, observando que los cambios son menores en los primeros. En el mismo sentido, Ungerfeld *et al.* (2009) observaron que los terneros cuyas madres producen más leche manifiestan una respuesta más intensa al destete que los terneros hijos de madres que producen menos leche. Sin embargo, los primeros no solo tenían acceso a una mayor cantidad de leche, sino que además, como consecuencia de ello, tenían mayor tamaño a pesar de tener la misma edad. En cambio, cuando solamente se impidió el acceso a la ubre de terneros hijos de madres de alta o baja producción de leche con el uso de tablillas nasales, la respuesta fue igual (Hötzel *et al.,* 2010) demostrando que la diferencia anterior era probablemente consecuencia del diferente tamaño alcanzado por los terneros.

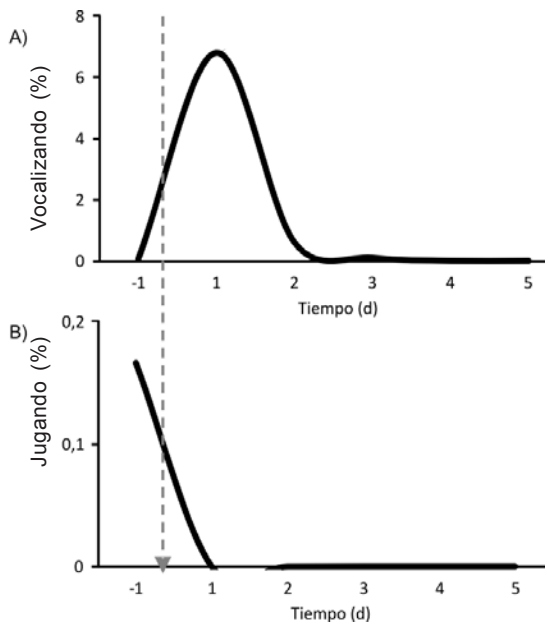


Figura 5. Frecuencia en que los terneros son observados A) vocalizando, y B) jugando, antes y después del destete. La flecha punteada indica el momento del destete. Notar que las escalas de las ordenadas son diferentes para cada comportamiento. Datos redibujados a partir de Ungerfeld *et al.* (2009).

En ovejas y cabras el vínculo madre-cría se hace más intenso con la paridad (Numan *et al.,* 2006; Poindron *et al.,* 2007; Dwyer, 2008). Por ejemplo, las ovejas primíparas tienen mayores dificultades en aceptar sus corderos, lo que puede ser debido a diferencias en los sistemas de control neuroendócrino del vínculo con su cordero (revisión: Fleming, 2006; Numan *et al.,* 2006). En concordancia, LeNeindre y D'Hour (1989) observaron en vacas de carne que el comportamiento maternal de las vacas multíparas es más intenso que el de las primíparas. A su vez, Edwards y Broom (1982) reportaron que hay una mayor proporción de rechazo a los terneros y un comportamiento más agresivo hacia los mismos en vacas de leche primíparas que multíparas. En función de ello comparamos los cambios observados con el destete en vacas multíparas y primíparas, observando que las respuestas comportamentales indicadoras de estrés son mayores en las primeras (Ungerfeld *et al.,* 2011). En este trabajo observamos que los terneros hijos de madres multíparas permanecen más tiempo cerca de sus madres que los de madres primíparas. A su vez, luego del destete se observó un mayor aumento en los comportamientos indicadores de estrés del destete (costeando y vocalizaciones), y una mayor reducción en la frecuencia de observaciones «paradas» y «rumiando» en las vacas multíparas que en las primíparas.

POSIBLES MANEJOS PARA DISMINUIR EL ESTRÉS DEL DESTETE

Destetes en dos tiempos

Como ya fue mencionado, el destete natural implica una disminución gradual en la frecuencia de amamantamiento, lo que hace que cuando finaliza el proceso no haya un cambio tan brusco debido al cese del amamantamiento. En función de ello se plantearon manejos de destetes en dos tiempos, de forma de separar el cese del amamantamiento de la separación de la madre. En ese sentido, Veissier y Le Neindre (1989) observaron que los efectos del destete fueron menores cuando a los terneros se les impidió el amamantamiento cubriendo las ubres de las madres con tela antes del destete definitivo. A su vez, Watts (2001) observó que si bien al impedir la lactancia los terneros vocalizan, lo hacen con mucha menor frecuencia que luego del destete definitivo.

Desde el punto de vista práctico, se han testado la separación de la madre alambrado por medio o el uso de tablillas nasales para impedir el amamantamiento en forma previa al destete definitivo. La separación de las madres a través un alambrado permite un contacto físico parcial pero impide el amamantamiento, aunque algunos terneros logran amamantarse pasando la cabeza a través del alambrado. Price et al. (2003) observaron que los terneros que fueron destetados en dos tiempos habiendo sido separados de sus madres a través del alambrado estaban menos tiempo caminando, vocalizaban menos, y estaban más tiempo echados que los destetados en forma directa. Por el contra-

rio, Solano *et al.* (2007) observaron una mayor frecuencia de comportamientos indicadores de estrés durante la separación temporaria. Nosotros observamos que los terneros que fueron separados a través de un alambrado ganaron menos peso, y vocalizaron más frecuentemente y durante más días durante el período de separación respecto a los terneros que tuvieron tablilla nasal durante ese período (Enríquez *et al.,* 2010). Durante los primeros días luego de la separación a través del alambrado los terneros permanecieron más de la mitad del tiempo cerca del alambrado, demostrando que pese a la separación los mismos mantenían una alta motivación por la madre (Price *et al.,* 2003; Enríquez *et al.,* 2010). Más allá de cesar el amamantamiento, esto puede implicar un alto grado de frustración dada la intensa motivación demostrada. Esto es consistente con las observaciones de que los terneros demoran menos de 5 min para individualizar a sus madres a través de un alambrado luego de 14 días de separación, y comienzan a amamantarse minutos luego de la reunificación (R. Ungerfeld, M.J. Hötzel, G. Quintans, datos no publicados).

Otra alternativa para el destete a dos tiempos es la colocación de tablillas nasales que impiden el amamantamiento durante varios días previo al destete definitivo (Haley *et al.,* 2005). Tampoco es una técnica segura, dado que es común que algunos terneros aprendan a amamantarse pese a tener la tablilla nasal colocada. Haley *et al.* (2005) observaron que los terneros que tuvieron tablillas nasales durante 5 ó 14 días antes del destete desplegaron menos interacciones agonistas y estuvieron menos tiempo echados o comiendo que los terneros destetados directamente. Si bien los terneros que tuvieron tablillas nasales tienen una respuesta de estrés mucho menos intensa al destete definitivo, es necesario considerar que con la colocación de las tablillas ya manifiestan señales comportamentales de estrés (Figura 6; Enríquez *et al.,* 2010), además de que tienen menores tasas de ganancia diaria de peso (Haley *et al.,* 2005; Burke *et al.,* 2009). En el período inmediato a la colocación de las tablillas se reduce marcadamente la distancia vaca-ternero, aumentan las vocalizaciones de los terneros (Figura 6A), y cesan sus actividades de juego (Figura 6B) (Enríquez *et al.,* 2010, Hötzel *et al.,* 2010, 2012); indicando que el cese abrupto de la lactancia es estresante pese a permanecer junto a la madre. De todas formas, es necesario considerar que dado que el estrés producido por la separación definitiva es mucho menor, el resultado neto es positivo para los terneros.

Sin embargo es llamativo que estos manejos se han ido implementando y utilizando en forma práctica sin que exista mucha información científica que sistematice los resultados. Uno de los aspectos sobre los que existe escasa información es el tiempo necesario para un destete de dos tiempos con tablillas nasales. Recientemente comparamos el uso de tablillas nasales durante 7 ó 21 días en terneros de 5 meses de edad, observando respuestas comportamentales

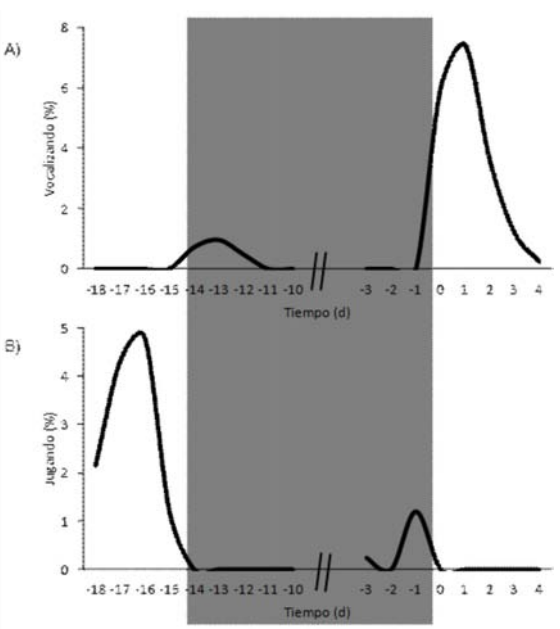


Figura 6. Frecuencia en que los terneros son observados A) vocalizando, y B) jugando en un manejo de destete a dos tiempos. La sombra gris indica el período en que los terneros estuvieron con tablillas nasales pero permanecieron junto a su madre, para luego ser separados en forma definitiva. Notar que las escalas de las ordenadas son diferentes para cada comportamiento. Datos redibujados a partir de Hötzel *et al.* (2012).

similares, aunque una menor ganancia de peso en los que tuvieron las tablillas 21 días (P. Alvez, G. Quintans, M.J. Hötzel, R. Ungerfeld, datos no publicados). También comparamos el uso de las tablillas nasales al destete definitivo de otoño en los terneros que ya las habían utilizado durante el entore, 3 meses antes, y aquellos que no las habían utilizado, observando que la respuesta comportamental de estrés es mucho menor en el primer caso (Hötzel *et al.,* 2012). En ese sentido, en aquellos terneros a los se les aplicó un destete temporal con tablillas nasales durante el entore, la colocación de tablillas nasales previo al destete definitivo reduce las manifestaciones de estrés.

Presencia de animales entrenadores

La adaptación de los terneros al nuevo ambiente, condiciones, y cambio de alimentación puede afectar su consumo por al menos las dos semanas siguientes (Cole y Hutcheson, 1988; Fluharty *et al.,* 1994). Por ello, una alternativa para minimizar estos efectos es aprovechar la estructura social de los bovinos, donde hay individuos que lideran las actividades del grupo. Al mover los terneros a un nuevo ambiente, y muchas veces una nueva estructura social, los vínculos sociales, incluyendo la jerarquía se reestablecen, por lo que esto puede ser al mismo tiempo una oportunidad para colocar individuos que ya desarrollen las actividades que se quiere que los terneros aprendan. Al mismo tiempo es necesario considerar el espacio necesario para que todos los animales puedan comer, dado que justamente los animales «entrenadores» ocupan una posición dominante en el grupo, y pueden afectar el consumo de algunos terneros. Loerch y Fluharty (2000), reportaron que los terneros que estaban en contacto con vacas «entrenadoras» ganaron 60% más de peso durante la primera semana que aquellos que estaban en grupos solo de terneros luego del destete. Aunque en uno de los experimentos desarrollados por estos mismos autores no encontraron diferencia en el peso final (a los 28 días), la ganancia de peso en los primeros días luego del destete es fundamental para minimizar los riesgos sanitarios, ya que además el destete genera una disminución de la respuesta inmune (Lynch *et al.,* 2010, 2012). En este sentido, en los casos en que la presencia del animal «entrenador» mejoró las tasas de ganancia de peso de los terneros, la morbilidad de estos disminuyó (Loerch y Fluharty, 2000). De todas formas, estos resultados deben ser tomados con cautela, dado que en algunas ocasiones se ha visto que la presencia de animales «entrenadores» genera resultados peores (Gibb *et al.,* 2000), lo que podría estar vinculado con la forma de realizar el manejo.

POSIBLES TEMAS PARA CONTINUAR INVESTIGANDO

Otras estrategias de manejo útiles para aumentar el resultado productivo en sistemas de pastoreo son el destete hiper precoz (antes de los 2 meses), el destete precoz, y el destete temporal, donde se le impide al ternero mamar por un período acotado para estimular el reinicio de la ciclicidad en la vaca. Los efectos de esos manejos en el estrés y en el desarrollo reproductivo posterior del ternero son pocos conocidos, por lo que parece interesante plantearse caracterizar mejor lo que sucede con los terneros frente al destete como así en su futuro desempeño como animales adultos. Esos conocimientos son esenciales para proponer y evaluar científicamente estrategias para minimizar posibles efectos negativos.

CONCLUSIONES

El objetivo de los trabajos que describimos es desarrollar estrategias de manejo que sean efectivas para evitar o minimizar los problemas de bienestar del ternero y de la vaca, y así ayudar al productor a responder a las expectativas éticas de la sociedad actual. Además, preparan a nuestro país para poder responder mejor a posibles exigencias respecto al bienestar de los animales en los sistemas productivos por parte de los mercados compradores de nuestro país. Estas estrategias son aún más útiles dado que no implican inversiones económicas, al tiempo

que son utilizables en forma sencilla por parte de los productores. Por lo tanto, los manejos ideales son aquellos que reducen pérdidas en la ganancia de peso de los terneros y las vacas, que disminuyen el tiempo que estos animales pasan costeando alambrados (con efectos negativos en el suelo y pasto) y que son de sencilla aplicación a nivel de campo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todos los estudiantes que han realizado sus trabajos de tesis de grado y posgrado, o participado en la generación de esta información: Daniel Enríquez, Zully Ramos, Alicia Félix, Janaina Hammerschmidt, Cecilia Castro, Sebastián Selves, Antonia Scarsi, María Laura Núñez, Marcela Canabal, Pilar Alvez, Mariana García, Valentina Sityá, Gessy Cardozo, Cecilia Alvarez, Victoria Fariña y Ximena González. Se agradece a Juan Luis Acosta, Gustavo Pereira e Ignacio Velazco, de INIA-Treinta y Tres por la colaboración con el manejo de los animales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROOM, D.M.; FRASER, A.F. 2007. Domestic animal behaviour and welfare. 4a ed. Wallingford: CABI Publishing. 438p.

BURKE, N.C.; SCAGLIA, G.; BOLAND,H.T.; SWECKER JR., W.S. 2009. Influence of two-stage weaning with subsequent transport on body weight, plasma lipid peroxidation, plasma selenium, and on leukocyte glutathione peroxidase and glutathione reductase activity in beef calves. Veterinary Immunology and Immunopathology 127(3-4):365-370.

COLE, N.A.; HUTCHESON, D.P. 1988. Influence of protein concentration in prefast and postfast diets on feed intake of steers and nitrogen and phosphorous metabolism of lambs. Journal of Animal Science 66(7):1764"1777.

DAWKINS, M.S. 2006: A user's guide to animal welfare science. Trends in Ecology and. Evolution 25, 77-82.

DWYER, C.M. 2008. Individual variation in the expression of maternal behaviour: a review of the neuroendocrine mechanisms in the sheep. Journal of Neuroendocrinology 20(4):526-534.

EDWARDS, S.A.; BROOM, D. 1982. Behavioural interactions of dairy cows with their newborn calves and the effects of parity. Animal Behaviour 30(2):525-535.

ENRÍQUEZ, D.; HÖTZEL, M.J.; UNGERFELD, R. 2011. Minimising the stress of weaning of beef calves: A review. Acta Veterinaria Scandinavica 53(1):28-36.

ENRÍQUEZ, D.H.; UNGERFELD, R. QUINTANS, G.; GUIDONI, A.L., HÖTZEL, M.J. 2010. The effects of alternative weaning methods on behavior and performance in beef calves. Livestock Science 128(1-3):20-27.

FLEMING, A.S. 2006. Plasticity of innate behavior. Experiencies throughout life affect maternal behavior and its neurobiology. En: Carter, C.S.; Ahnert, L.; Grossmann, K.E.; Hrdy, S.B.; Lamb, M.E.; Porges, S.W.; Sachser, N. (eds.). Attachment and bonding: a new Synthesis. Cambridge, MA: MIT Press. 507p.

FLUHARTY, F.L.; LOERCH, S.C.; DEHORITY, B.A. 1994. Ruminal characteristics, microbial populations, and digestive capabilities of newly weaned, stressed calves. Journal of Animal Science 72(11):2969"2979.

GALINDO-GONZÁLEZ, S.; ARTHINGTON, J.D.; YELICH, J.V.; HANSEN, G.R.; LAMB, G.C.; DE VRIES, A. 2007. Effects of cow parity on voluntary hay intake and performance responses to early weaning of beef calves. Livestock Science 110(1-2):148-153.

GIBB, D.J.; SHWARTZKOPF-GENSWEIN, K.S.; STOOKEY, J.M.; MCKINNON, J.J.; GODSON, D.L.; WIEDMEIER, R.D.; MCALLISTER, T.A. 2000. Effect of a trainer cow on health, behavior, and performance of newly weaned beef calves. Journal of Animal Science 78(7):1716-1725.

HALEY, D.B.; BAILEY, D.W.; STOOKEY, J.M. 2005. The effects of weaning beef calves in two stages on their behavior and growth rate. Journal of Animal Science 83(9):2205-2214.

HÖTZEL, M.J.; QUINTANS, G.; UNGERFELD, R. 2012. Behaviour response to two-steps weaning is diminished in beef calves

previously submitted to temporary weaning with nose flaps. Livestock Science 149(1-2):88-95.

HÖTZEL, M.J.; UUNGERFELD, R.; QUINTANS, G. 2010. Behavioural responses of 6-month-old beef calves prevented from suckling: influence of dam's milk yield. Animal Production Science 50(10):909-915.

LAY, D.C.; FRIEND, T.H.; RANDEL, R.D.; BOWERS, C.L.; GRISSOM, K.K.; NEUENDORFF, D.A.; JENKINS, O.C. 1998. Effects of restricted nursing on physiological and behavioral reactions of Brahman calves to subsequent restraint and weaning. Applied Animal Behaviour Science 56(2):109-119.

LE NEIDRE, P.; D'HOUR,P. 1989. Effects of a postpartum separation on maternal responses in primiparous and multiparous cows. Animal Behaviour 37(1):166-168.

LEE, P.C. 1997. The meanings of weaning: growth, lactation, and life history. Evolutionary Anthropology 5(3):87-96.

LEFCOURT, A.M.; ELSASSER, T.H. 1995. Adrenal responses of Angus x Hereford cattle to the stress of weaning. Journal of Animal Science 73(9):2669-2676.

LOERCH, S.C.; FLUHARTY, F.L. 2000. Use of trainer animals to improve performance and health of newly arrived feedlot calves. Journal of Animal Science 78(3):539-545

LYNCH, E.; EARLEY, B.; MCGEE, M.; DOYLE, S. 2010. Characterisation of physiological and immunological responses in beef cows to abrupt weaning and subsequent housing. BMC Veterinary Research 6(1):37.

LYNCH, E.M.; MCGEE, M.; DOYLE, S.; EARLEY, B. 2012. Effect of pre-weaning concentrate supplementation on peripheral distribution of leukocytes, functional activity of neutrophils, acute phase protein and behavioural responses of abruptly weaned and housed beef calves. BMC Veterinary Research 8:1.

NAPOLITANO, F.; DE ROSA, G.; SEVI, A. 2008. Welfare implications of artificial rearing and early weaning in sheep. Applied Animal Behaviour Science 110(1-2):58–72.

NEGRAO, J.A.; FELICIO PORCIONATO, M.A. DE; PASSILLE, A.M. DE; RUSHEN, J. 2010. Behavioural responses of heifers to ACTH injections. Applied Animal Behaviour Science 128(1-4):18-22.

NUMAN, M.; FLEMING, A.S.; LEVY, F. 2006. Maternal behavior. En: Neill, J.D. (ed.). Knobil and Neill's Physiology of Reproduction. v.1. 3ed. London, UK: Elsevier Academic Press. 3230p.

POINDRON, P.; TERRAZAS, A.; NAVARRO MONTES DE OCA, M.L.; SERAIN, N.; HERNÁNDEZ, H. 2007. Sensory and physiological determinants of maternal behavior in the goat (*Capra hircus*). Hormones and Behaviour 52(1):99-105.

PRICE, E.O.; HARRIS, J.E.; BORGWARDT, R.E.; SWEEM, M.L.; CONNOR, J.M. 2003. Fenceline contact of beef calves with their dams at weaning reduces the negative effects of separation on behavior and growth rate. Journal of Animal Science 81(1):116-121.

REINHARDT, V.; REINHARDT, A. 1981. Natural sucking performance and age of weaning in zebu cattle (*Bos indicus*). Journal of Agricultural Sciences 96(2):309-312.

SOLANO, J.; ORIHUELA, A.; GALINA, C.S.; AGUIRRRE, V. 2007. A note on behavioral responses to brief cow-calf separation and reunion in cattle (*Bos indicus*). Journal of Veterinary Behavior 2(1):10-14.

SQUIRES, E.J. 2003. Applied Animal Endocrinology. Wallingford, U.K.: CAB Publishing. 234 p.

UNGERFELD, R.; HÖTZEL, M.J.; SCARSI, A.; QUINTANS, G. 2011. Behavioral and physiological changes in early weaned multiparous and primiparous beef cows. Animal 5(8):1270–1275.

UNGERFELD, R.; QUINTANS, G.; ENRÍQUEZ, D.H.; HÖTZEL, M.J. 2009. Behavioural changes at weaning in 6-month-old beef calves reared by cows of high or low milk yield. Animal Production Science 49(8):637-642.

VEISSIER, I.; LE NEINDRE, P. 1989. Weaning in calves: Its effects on social organization. Applied Animal Behaviour Science 24(1):43-54.

WATTS, JM. 2001. Vocal behaviour as an indicator of welfare in cattle. PhD Thesis. Department of Large Animal Clinical Sciences. University of Saskatchewan. Saskatoon, Saskatchewan, Canada: University of Saskatchewan. 201 p.

IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMAS DE IATF EN RODEOS DE CRÍA

Alejo Menchaca[1], Richard Núñez[2], Teresa de Castro[3], Camila García Pintos[4], Federico Cuadro[5]

RESUMEN

Se presenta la información más relevante obtenida con el uso de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF) en rodeos de cría. Esta tecnología permite una serie de ventajas cuando se la aplica al iniciar la temporada de servicios. Se logra una mayor tasa de preñez final, se aumenta la proporción de vacas preñadas al inicio de los servicios, se incorpora genética superior mediante la inseminación de todo el rodeo, se logran terneros que nacen antes adelantando el momento del destete, y se reduce el número de toros necesarios en el campo. Esto se logra de manera relativamente simple, ya que las vacas tienen que someterse sólo a 3 encierros adicionales en comparación con el manejo tradicional. Los tratamientos que han mostrado mejores resultados en nuestras condiciones productivas consisten en el uso de progesterona por 7 u 8 días, estradiol, prostaglandina F2alfa y gonadotrofina coriónica equina. De esta manera es posible realizar la IATF entre las 46 y 58 horas luego de finalizado el tratamiento inseminando más de 500 vacas cada día. En vacas con cría esta tecnología puede aplicarse sola o combinada con medidas de control del amamantamiento. También se muestran resultados aceptables en vaquillonas tanto de 2 años como de 14 meses. En suma, a partir del avance en el conocimiento de los mecanismos que determinan la dinámica folicular y la ovulación, fue posible desarrollar una tecnología que aplicada de manera correcta permite mejorar la eficiencia reproductiva de los rodeos de cría en Uruguay.

Palabras clave: anestro, inseminación, reproducción, sincronización, vacas

ABSTRACT

This review summarizes the most relevant information obtained in Uruguay with Fixed-time Artificial Insemination (FTAI) in beef cattle. When this technology is applied at the onset of the breeding season, allows several advantages as higher pregnancy rate during mating season, higher proportion of cows pregnant in the first month of the season, sires with higher breeding value that can be used in all the herd, calves born earlier in the following calving season, weaning is also performed earlier, and fewer bulls are required for the herd since a percentage of the heard becomes pregnant by insemination. These advantages are achieved in a relatively simple manner, regarding the cows must be enclosed in handling facilities only 3 additional times compared with traditional mating system. Pharmacological treatments that have shown better results in our productive conditions consist of the use of progesterone during 7 or 8 days, estradiol, prostaglandin F2alpha and equine chorionic gonadotropin. Fixed-time AI is performed between 46 and 58 h after treatment and more than 500 cows can be inseminated each day. This technology can be applied in suckling cows or combined with weaning in anestrous females in low body condition score. In addition, successful results are shown in both 2 years and

[1]D.M.V., MSc, PhD. Instituto de Reproducción Animal Uruguay, Montevideo, Uruguay.
[2]D.M.V. Instituto de Reproducción Animal Uruguay, Montevideo, Uruguay.
[3]D.M.V. MSc. Instituto de Reproducción Animal Uruguay, Montevideo, Uruguay.
[4]D.M.V. Instituto de Reproducción Animal Uruguay, Montevideo, Uruguay.
[5]D.M.V. Instituto de Reproducción Animal Uruguay, Montevideo, Uruguay.

14 month heifers. In summary, based on the advances in the understanding of the mechanisms that determine follicular dynamics and ovulation, it was possible to develop a technology that applied appropriately improves reproductive performance of beef cattle in Uruguay.

Key words: anestrus, insemination, fixed-time, synchronization, cattle

INTRODUCCIÓN

A partir del avance en la comprensión de la fisiología ovárica en rumiantes ocurrido en las últimas décadas ha sido posible el diseño de nuevas estrategias farmacológicas para controlar la reproducción de las hembras. De esta manera hoy es posible sincronizar o inducir la ovulación de manera muy precisa, tanto en hembras que están ciclando como aquellas que se encuentran en anestro. Sumado a esto, el grado de sincronización que se logra con estos tratamientos es tal que permite realizar la inseminación a un tiempo predeterminado sin necesidad de detectar el estro. Esta tecnología es conocida como Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (IATF). Mediante la IATF entonces es posible superar las dos limitantes principales que históricamente habían representado un obstáculo para la adopción de la inseminación artificial en vacas de cría: el anestro posparto y la detección de celo.

La adopción de esta tecnología en países de Sudamérica, Norteamérica y Oceanía comenzó a crecer de manera significativa a partir de los años 2000. En ese entonces la IATF prácticamente era inexistente en Uruguay siendo aplicada por pocos técnicos, muchas veces con resultados variables y controvertidos. En ese entonces nuestro equipo se planteó contribuir a la validación y adaptación a nivel local de esta tecnología, considerando el sistema de producción, sus biotipos animales y sus limitantes biológicas, entre otros factores particulares de Uruguay. A partir de entonces hemos realizado una serie de trabajos experimentales enfocados en profundizar sobre el conocimiento en el control de la fisiología ovárica, a la validación a campo de esta tecnología, y finalmente a la puesta en práctica de un paquete tecnológico que lo transferimos al sector productivo mediante la capacitación de profesionales que lo aplican en el campo, o mediante la aplicación directa en empresas ganaderas bajo un formato «llave en mano». A partir de un análisis que realizamos sobre la adopción de esta tecnología utilizando datos oficiales de importación de insumos exclusivos para IATF, encontramos que desde 1995 hasta el 2005 en Uruguay se inseminaban por IATF unas 10 mil vacas cada año. A partir de entonces su adopción se ha incrementado año tras año y en 2012 se inseminaron con esta técnica aproximadamente unas 250 mil vacas. De esta manera la IATF es probablemente la biotecnología de la reproducción que ha mostrado mayor crecimiento en los últimos años. En la actualidad esta herramienta es utilizada en diferentes condiciones a través de un importante número de profesionales que la aplican sin mayores inconvenientes y con resultados aceptables.

En esta revisión se resumen diferentes estrategias que hemos utilizado con el objetivo de mejorar los resultados obtenidos en programas para IATF en vacas de cría, interviniendo tanto para inducir la ovulación así como para simplificar el manejo durante la inseminación. Se muestra información generada en estudios controlados bajo condiciones experimentales con seguimiento de la dinámica folicular y determinaciones hormonales, así como su validación a campo trabajando a mayor escala pero con una metodología sistemática y controlada.

EL ANESTRO EN RODEOS DE CRÍA

La eficiencia reproductiva de los rodeos de cría está determinada principalmente por la edad al primer parto y la tasa de procreo. Ambos indicadores pueden ser ampliamente mejorados en Uruguay. De acuerdo a datos oficiales se estima que aproximadamente la mitad de las vaquillonas recibe su pri-

mer servicio luego de los 3 años de vida (DIEA, 2003). Este atraso lleva a un largo período improductivo y es debido en gran medida a restricciones nutricionales durante la recría de las terneras. Por otra parte, la tasa de procreo histórica en Uruguay de las últimas décadas se mantiene estancada en el 63% en promedio con variaciones en cada año dependiendo de factores ambientales (DIEA, 2012). Considerando la avanzada edad al primer parto y la baja tasa de procreo en las vacas adultas, en términos generales podemos decir que en Uruguay es necesario esperar 4 años para obtener el primer ternero, y casi dos vacas para producir un ternero por año. Esto muestra claramente la baja eficiencia reproductiva del rodeo de cría en Uruguay con una alta proporción de animales improductivos que se mantienen en el sistema. Uno de los principales factores que determinan en forma directa la avanzada edad de las vaquillonas en su primer parto y la baja tasa de procreo en las vacas de cría en estas condiciones productivas es el anestro.

Existe abundante información generada a nivel local que muestra el impacto del anestro, sus causas y posibles soluciones (Quintans, 2000; de Castro *et al.,* 2002). En un análisis que realizamos hace algunos años sobre la actividad ovárica y la condición corporal en diferentes predios ganaderos manejados bajo condiciones típicas de producción en base pastoril en Uruguay, encontramos que más del 80% de las vacas con cría se encuentran en anestro al iniciar los servicios (Menchaca *et al.,* 2005). Esto fue confirmado en un análisis retrospectivo de los últimos 5 años sobre 21.329 vacas y vaquillonas en las que se realizó ecografía ovárica al iniciar los servicios, asumiendo que aquellas hembras con cuerpo lúteo o con signos de estro (flujo vaginal o tono uterino aumentado) estaban ciclando, y que las que no tenían cuerpo lúteo ni signos de estro se encontraban en anestro superficial (con folículos ≥8 mm) o en anestro profundo (con folículos menores a 8 mm) (Figura 1). En esta situación en la que más del 80% de las vacas con 60 a 90 días posparto se encuentran en anestro y con una condición corporal menor a 4,5 en la escala de 1 a 8, es razonable que la tasa de procreo anual en Uruguay no supere en promedio el 65%.

En las condiciones de producción típicas de Uruguay la capacidad de reproducción de una vaca está fuertemente condicionada por la oferta de forraje a lo largo del año, la carga animal y la presencia del ternero durante la época de entore. En algunos casos las vacas se encuentran en un balance metabólico negativo que deberíamos resolver antes de intentar inducir la ovulación para preñar estas hembras. De acuerdo a nuestra experiencia, de manera empírica asumimos que esta situación está presente en aquellas vacas en anestro profundo (ovarios con folículos menores a 8 mm) que además tienen una condición corporal menor a 3 puntos. En estas vacas en general la tasa de preñez a la IATF

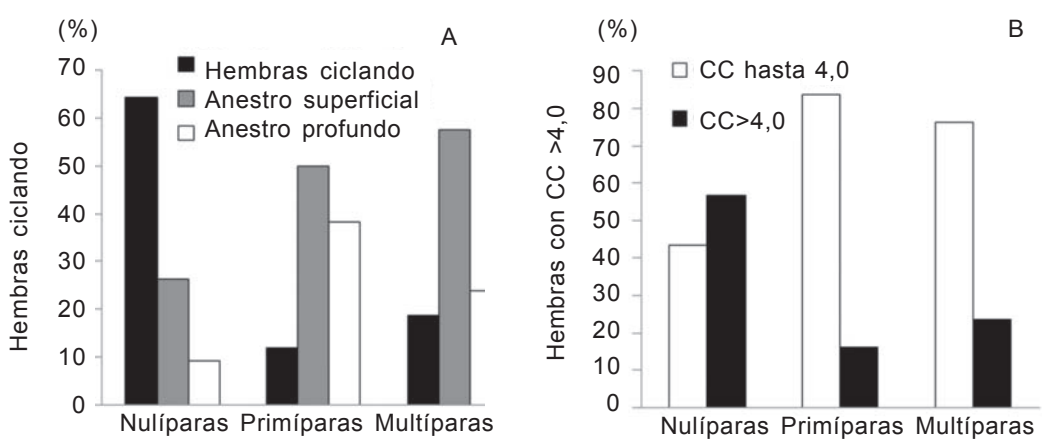


Figura 1. Actividad ovárica y condición corporal al iniciar los servicios en condiciones de cría típicas de Uruguay (n=21.329). A) proporción de hembras ciclando y en anestro. B) proporción de hembras con condición corporal mayor o menor a 4 puntos (escala 1 a 8).

es relativamente baja. No obstante, como muestra la Figura 1 la mayoría de las hembras en las condiciones de manejo típicas de Uruguay se encuentra en anestro superficial o ciclando, pudiendo responder favorablemente al control exógeno del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal. En estos animales ciclando o en anestro superficial, o incluso en anestro profundo con folículos menores a 8 mm pero con una condición corporal ≥3 puntos, la IATF se aplica con resultados aceptables.

LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL A TIEMPO FIJO (IATF)

La IATF es una tecnología que mediante el control de la dinámica folicular y del cuerpo lúteo logra inducir o sincronizar la ovulación en un momento conocido, permitiendo inseminar un gran número de animales cada día sin necesidad de detectar el estro.

¿Qué ventajas tiene la IATF?

- Se incrementa la tasa de preñez final.
- Permite inseminar vaquillonas y vacas con cría ciclando o en anestro.
- Se evita la detección de celo, se reduce la temporada de inseminación y se simplifica el trabajo con el rodeo.
- Las vacas se preñan al inicio del servicio, esto aumenta la proporción de vacas paridas temprano favoreciendo su recuperación antes de iniciar el servicio del próximo año.
- Los terneros/as nacen antes y por lo tanto alcanzan antes el peso para el destete o llegan con mayor peso corporal.
- Se aumenta el número de terneros/as nacidos de inseminación mejorando la calidad del rodeo.
- Se reduce el costo en la compra de toros y favorece el control de enfermedades venéreas ya que la mitad del rodeo se preña por inseminación.

Para implementar esta tecnología en las condiciones productivas de Uruguay se debe superar como fue mencionado el anestro en las vacas luego del parto y muchas veces también en las vaquillonas. Frente a esta situación los tratamientos más eficaces son aquellos diseñados específicamente para inducir la ovulación. Esta es una diferencia importante con otros países donde el porcentaje de ciclicidad es mayor y simplemente es necesario sincronizar la ovulación -en lugar de inducirla- para realizar la IATF. Por este motivo, los tratamientos que recomendamos diferentes equipos de investigación de Argentina, Brasil y Uruguay en ocasiones difieren de los utilizados en otras regiones. En estas condiciones podemos lograr el control del ovario si logramos generar en la vaca los mecanismos que normalmente desencadenan la ovulación, combinando entonces el uso de progesterona, estradiol y gonadotrofinas. Por este motivo nos centraremos en aquellas estrategias que mediante el uso de estos fármacos permiten sincronizar la ovulación tanto en vacas ciclando como en anestro.

Tratamientos para inducir la ovulación

Los tratamientos farmacológicos para inducir la ovulación requieren la administración de progesterona durante 7 u 8 días y en la actualidad existen diferentes dispositivos intravaginales que contienen este fármaco. El desarrollo de estos dispositivos de silicona representó un avance tecnológico importante en el control de la fisiología ovárica (Rathbone *et al.,* 2001) ya que la progesterona es absolutamente necesaria en la inducción de la ovulación en vacas en anestro. La posibilidad de administrar esta hormona mediante un dispositivo que la libera de manera controlada nos permite mantener niveles elevados por un periodo predeterminado así como su caída a niveles basales en un corto periodo de tiempo de manera similar a cuando ocurre la luteólisis. Asociado al efecto logrado por la progesterona es necesario asegurar el efecto de otras hormonas que normalmente están presentes en las vacas ciclando. El tratamiento más utilizado consiste en 2 mg de benzoato de estradiol (EB) administrado por vía intramuscular (im) al colocar el dispositivo con progesterona, momento defi-

nido como el Día 0 del protocolo. En el Día 7 u 8 se retira el dispositivo asociado a una dosis luteolítica de prostaglandina (PG) F2alfa por vía im y a las 24 h más tarde se administra 1 mg de EB im. La IATF se realiza entre las 52 y 56 h luego de retirado el dispositivo (Cutaia *et al.,* 2003). El uso de estradiol junto con progesterona al inicio del tratamiento surge en la década de los 90' luego de demostrarse que ambas hormonas en conjunto inducen la atresia folicular promoviendo el recambio de los folículos (Bó *et al.,* 1995a), evitando así la formación de un folículo persistente que determinaría una menor fertilidad (Adams. 1999). Este tratamiento induce la emergencia de un nuevo folículo 4 días más tarde (Bó *et al.,* 1995b) y entonces al momento de la remoción del dispositivo al Día 7 u 8, estará presente en el ovario un folículo relativamente nuevo y con un ovocito más competente. Una ventaja adicional de este tratamiento es que esto ocurre de manera sincrónica en prácticamente todas las vacas, lo que permite que luego de retirar el dispositivo se alcance el desarrollo folicular ovulatorio y la ovulación en un momento muy similar en todo el rodeo. Con el objetivo de inducir y sincronizar aún más el pico de LH se administra una dosis de EB 24 h luego de retirar el dispositivo, ya que el estradiol en ausencia de progesterona desencadena un *feedback* positivo con la LH que culmina con el pico preovulatorio asegurando así la ovulación. Mediante esta estrategia la ovulación se sincroniza a las 30 horas en promedio luego de la administración de EB, permitiendo realizar la inseminación sin necesidad de detectar el estro (Bó *et al.,* 2002).

En los últimos años se han propuesto diferentes variantes a este tratamiento que deben ser consideradas por los técnicos especialistas en reproducción ya que algunos tratamientos se adaptan mejor a algunas situaciones de manejo, categorías, estado corporal, razas, etc. y por lo tanto es necesario conocer en profundidad la fisiología del ovario y la respuesta a cada fármaco administrado. De lo contrario, cuando se aplican estos tratamientos siguiendo las indicaciones a modo de receta, en muchos casos la técnica fracasa.

eCG al retirar el dispositivo

La eCG (gonadotrofina coriónica equina) es una glicoproteina que posee una vida media extensa y que tiene un efecto similar a la FSH y LH (Murphy y Martinuk, 1991), siendo utilizada para estimular el crecimiento de los folículos durante el posparto (Yavas y Walton, 2000). El uso de la eCG al finalizar un tratamiento con progesterona en vacas fue descrito hace varios años (Roche *et al.,* 1992). Sin embargo su uso asociado a los tratamientos con estradiol y progesterona para IATF ha sido evaluado recién en los últimos años (Bó *et al.,* 2003; Baruselli *et al.,* 2004). En Uruguay evaluamos el uso de eCG al momento de retirar el dispositivo intravaginal con progesterona, tanto en hembras en anestro y ciclando mediante la administración de 400 UI en vacas con 60 a 90 días posparto y 300 UI en vaquillonas. Todas las hembras recibieron 2 mg de EB al colocar el dispositivo y una dosis luteolítica de PGF2alfa al retirarlo, seguido por 1 mg de EB a las 24 h y la IATF a las 52-56 h luego del retiro del dispositivo. Como en todos los experimentos presentados se realizó ultrasonografía ovárica al iniciar el tratamiento para el diseño de los grupos experimentales por bloques al azar considerando la presencia de cuerpo lúteo y la condición corporal. La administración de eCG permitió incrementar la tasa de preñez en vacas y vaquillonas en anestro, no estando tan marcado su efecto en hembras ciclando. Los resultados se muestran en el Cuadro 1. A partir de esta información recomendamos el uso de eCG en vacas y vaquillonas en anestro, coincidiendo con resultados similares obtenidos en Argentina (Cutaia *et al.,* 2003). De esta manera es posible disminuir la diferencia en la tasa de preñez de las hembras en anestro con aquellas que se encuentran ciclando.

Estos trabajos de campo motivaron que estudiáramos en profundidad el efecto de la eCG sobre la dinámica folicular, la ovulación y la actividad del cuerpo lúteo en vacas en anestro posparto (Núñez *et al.,* datos sin publicar). Diseñamos un experimento con 46 vacas multíparas con 60 a 75 días posparto y una condición corporal 3,5 ± 0,1 (escala 1

Cuadro 1. Tasa de preñez obtenida con la incorporación de eCG al retirar el dispositivo intravaginal previo a la IATF en vacas y vaquillonas *Bos taurus*

	Con cuerpo lúteo	Sin cuerpo lúteo	Total
Multíparas (*n*=453)			
Con eCG	67,6% (25/37)[a]	64,9% (124/191)[a]	65,4% (149/228)[a]
Sin eCG	63,6% (28/44)[a]	50,8% (92/181)[b]	53,3% (120/225)[b]
Nulíparas (*n*=749)			
Con eCG	48,7% (73/150)[a]	44,2% (102/231)[a]	45,9% (175/381)[a]
Sin eCG	41,2% (54/131)[a]	32,1% (76/237)[b]	35,3% (130/368)[b]

Para cada columna en cada categoría, a vs b P< 0,05.

a 8), todas en anestro definido por la ausencia de cuerpo lúteo a los 10 días previos y al inicio del tratamiento. Las vacas recibieron un tratamiento para IATF utilizando un dispositivo intravaginal con 0,5 g de progesterona (DIB 0,5; Syntex, Buenos Aires, Argentina) durante 8 días asociado a una dosis im de 2 mg de EB (Benzoato de Estradiol, Syntex, Argentina) al colocar el dispositivo. Al retirar el dispositivo se administró 500 μg de cloprostenol (Ciclase, Syntex, Argentina) y 0,5 mg de cipionato de estradiol (ECP, Cipiosyn, Syntex, Argentina) por vía im. En este momento un grupo experimental recibió 400 UI de eCG por vía im (*n*=23; Novormon, Syntex, Argentina) mientras que otro grupo no recibió eCG (*n*=23). La IATF se realizó a las 54 h luego del retiro del dispositivo. La dinámica folicular y la ovulación se monitorearon diariamente por ultrasonografía transrectal y la actividad del cuerpo lúteo luego de la ovulación por radioinmunoanálisis. La eCG aumentó de manera significativa la proporción de vacas que ovularon estimulando el crecimiento final del folículo ovulatorio (Cuadro 2). Asimismo, estas vacas desarrollaron un cuerpo lúteo más grande que generó mayores concentraciones de progesterona durante las dos semanas luego de la IATF (Figura 2). Por lo tanto estos resultados demuestran que en vacas de cría en anestro la mayor tasa de preñez obtenida cuando administramos eCG se debe a dos principales efectos. En primer lugar el tratamiento induce la ovulación en un mayor porcentaje de vacas, y estas vacas luego que ovulan presentan mayores concentraciones de progesterona en sangre. Es conocido que mayores niveles de progesterona previo al período crítico de la gestación favorece el desarrollo embrionario y el reconocimiento materno de la preñez. El mantenimiento de la gestación es otro punto crítico principalmente en vacas en anestro donde hay una importante incidencia de muerte embrionaria temprana debido a un soporte luteal insuficiente, siendo este aspecto tan importante como la inducción de la ovulación.

Cuadro 2. Respuesta ovárica luego de administrar 400 UI de eCG al retirar el dispositivo en vacas en anestro posparto (media±EE)

	Vacas ovuladas/ vacas sincronizadas	Diámetro del folículo ovulatorio (mm)	Tasa de crecimiento folicular* (mm/día)	Área del cuerpo lúteo** (mm^2)	P4 en vacas ovuladas*** (ng/ml)
Con eCG	65,2% (15/23)	14,5 ± 0,4	1,4 ± 0,2	344,3 ± 25,1	3,0 ± 0,2
Sin eCG	30,4% (7/23)	13,1 ± 0,7	0,9 ± 0,2	274,2 ± 23,9	1,8 ± 0,2
P	*0,018*	*0,081*	*0,077*	*0,045*	*0,001*

*Desde el retiro del dispositivo a la ovulación. **Desde el Día 6 al 14 luego de la IATF. ***Durante los 14 días luego de la IATF.

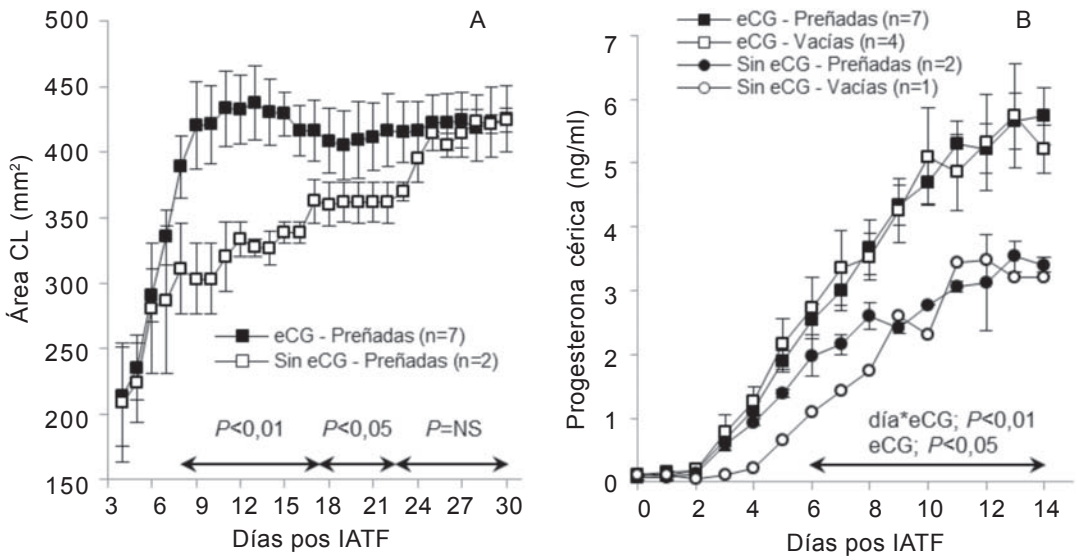


Figura 2. Tamaño del cuerpo lúteo en vacas preñadas (A) y concentración sérica de progesterona en vacas que ovularon (B) luego de la administración de 400 UI de eCG al retiro del dispositivo en vacas en anestro posparto (Media±EE). (Núñez *et al.,* datos sin publicar).

Benzoato de estradiol, cipionato de estradiol o GnRH

El tratamiento para IATF que se utilizó los primeros años incluía una dosis de 1 mg de EB 24 h luego de retirar el dispositivo como inductor del pico de LH y la ovulación, requiriendo un encierro adicional de las vacas el día entre el retiro del dispositivo y la IATF. Para evitar este encierro adicional y simplificar los tratamientos se han evaluado diferentes alternativas. Una de las primeras opciones fue adelantar la administración del EB al momento de retirar el dispositivo. Sin embargo los resultados en la tasa de preñez han sido controvertidos con resultados a favor y en contra (Cesaroni *et al.,* 2000; Sorroarain *et al.,* 2005). Con respecto al desarrollo folicular ovulatorio y al momento de la ovulación, se logra una mayor sincronía de las ovulaciones cuando se administra 1 mg de EB a las 24 h (rango de ovulación: 66 a 84 h) que al retiro del dispositivo (rango de ovulación: 48 a 96 h; *P*<0,05) (Cutaia *et al.,* 2004). Por este motivo y sumado a lo reportado en razas cebuinas donde los resultados son similares y en general disminuye la tasa de preñez cuando el EB se administra al retirar el dispositivo (Bó *et al.,* 2007), normalmente la alternativa de adelantar la administración del EB no es utilizada en los programas de IATF.

Como alternativa al EB hace algunos años evaluamos el uso de GnRH administrado a las 48 h luego del retiro del dispositivo, es decir en la mañana del mismo día de la IATF quedando el rodeo cerca de las instalaciones para recibir la inseminación en la tarde. Esto permitiría evitar el encierro necesario para la administración de EB al día siguiente del retiro del dispositivo. El uso de GnRH a las 48 h fue comparado con EB a las 24 h en vaquillonas de 14-16 meses prepúberes y en vaquillonas de 24 meses. El primer experimento se realizó sobre vaquillonas Hereford y Angus de 14-16 meses de edad, con una condición corporal 5,1 ± 0,1 (media±EE; escala 1-8) y un peso corporal individual mínimo de 240 kg. Se realizó la detección del estro dos veces por día durante los 20 días previos al inicio del experimento. Un total de 486 hembras consideradas en anestro por no manifestar estro durante este período fueron incorporadas al experimento. La actividad ovárica fue medida por ultrasonografía al iniciar el experimento confirmándose la ausencia de cuerpo lúteo en el 88,4% de las vaquillonas. Las hembras recibieron un tratamiento para IATF con 2 mg de EB im y progesterona intravaginal (DIB, 1g, Syntex)

durante 7 días y al retirar el dispositivo las hembras con CL recibieron 150 mg de D-cloprostenol (Ciclase, Syntex). El diseño experimental consistió en 4 grupos en un arreglo 2 x 2 factorial balanceado por raza, CC y actividad ovárica. La mitad del rodeo recibió 300 UI de eCG (Novormon, Syntex,) im al retirar el dispositivo. La mitad de las hembras con o sin eCG recibió 1 mg de EB im a las 24 h de retirado el dispositivo (grupo eCG+EB, *n*=118; grupo EB, *n*=127; respectivamente). El resto de las hembras con o sin eCG recibió un análogo de GnRH (50 mg de lecirelina, Gonasyn, Syntex) a las 48 h de retirado el dispositivo (grupo eCG+GnRH, *n*=123; grupo GnRH, *n*=118). La IATF se realizó a las 52-56 h de retirado el dispositivo. El diagnóstico de gestación se realizó por ultrasonografía a los 45 días de la IATF. Los resultados fueron analizados mediante regresión logística mostrando un efecto favorable del uso de eCG así como de la sustitución del EB por la GnRH (Cuadro 3). El mejor resultado se obtuvo con la combinación de ambos tratamientos (eCG + GnRH) alcanzando un 55,3%. En conclusión, en vaquillonas de 14 meses sugerimos la conveniencia de administrar 300 UI de eCG al retirar el dispositivo y una dosis de GnRH 48 h más tarde. Como resultado adicional en este trabajo, el hecho de preñar aproximadamente la mitad de las vaquillonas en un día de inseminación representa un resultado por demás aceptable, considerando que se encontraban en anestro y que alcanzarán el parto a los 2 años adelantando así un año su vida productiva.

A partir de estos resultados en un trabajo posterior evaluamos la sustitución del EB por GnRH en vaquillonas de 2 años. Se trabajó sobre 364 vaquillonas cruza Angus o Hereford con Braford con una condición corporal 4,0 ± 0,3 (escala 1 a 8) y un peso corporal mínimo de 260 kg con una media de 302,0 ± 32,8 kg. Un importante porcentaje de las vaquillonas se encontraba en anestro ya que solo el 19,8% presentaba cuerpo lúteo determinado por ultrasonografía al iniciar el tratamiento. Se administró un dispositivo intravaginal con progesterona (1 g, DIB, Syntex) por 7 días junto a una dosis im de 2 mg de EB (Syntex). Al retirar el dispositivo se administró 175 µg de D(+)cloprostenol (Ciclase, Syntex) y 300 UI de eCG (Novormon, Syntex). Las hembras recibieron 1 mg de EB a las 24 h (*n*=186) o una dosis de GnRH (50 µg de lecirelina, Gonasyn, Syntex) a las 48 h (*n*=178) y la IATF se realizó a las 52-56 h del retiro del dispositivo. La tasa de preñez se comparó mediante regresión logística y los resultados se muestran en el Cuadro 4. Al igual que en las vaquillonas de 14 meses en anestro, en este experimento sobre vaquillonas de 2 años también la sustitución de EB por GnRH mejoró la tasa de preñez.

Considerando ambos experimentos la GnRH parece ser una alternativa eficaz como inductor de la ovulación evitando el encierro de las 24 h luego de retirar el dispositivo y

Cuadro 3. Tasa de preñez con eCG al retirar el dispositivo y efecto del EB a las 24 h o GnRH a las 48 h luego del retiro en vaquillonas de 15 meses en anestro prepuberal

	Sin eCG		**Con eCG**	
	Benzoato de Estradiol	**GnRH**	**Benzoato de Estradiol**	**GnRH**
Tasa de preñez	36,2% (46/127)[a]	42,4% (50/118)[ab]	44,1% (52/118)[ab]	55,3% (68/123)[b]
Efectos principales				
eCG	Sin eCG		Con eCG	
	39,2% (96/245)[a]		49,8% (120/241)[b]	
EB *versus* GnRH	EB 24 h		GnRH 48 h	
	40,0% (98/245)[a]		49,0% (118/241)[b]	

Para una misma fila, a vs b P<0,05.

Cuadro 4. Tasa de preñez obtenida con EB a las 24 h o GnRH a las 48 h luego del retiro del dispositivo en vaquillonas de 2 años

	Hembras con cuerpo lúteo (CL)	Sin CL y con folículos ≥ 8 mm	Sin CL y con folículos < 8 mm	Total
EB	40,9% (18/44)	26,4% (34/129)	15,4% (2/13)	29,0% (54/186)
GnRH	60,7% (17/28)	40,3% (54/134)	18,8% (3/16)	41,6% (74/178)
P	*NS*	*<0,05*	*NS*	*<0,01*

permitiendo una tasa de preñez aparentemente mayor que con EB. Si bien el costo del tratamiento se incrementa con el uso de GnRH, por varios años en Uruguay este fue el tratamiento que recomendamos para programas de IATF en vaquillonas.

En los últimos años hemos trabajado con otra alternativa quizás más atractiva que la GnRH para simplificar el tratamiento para IATF, y es el cipionato de estradiol (ECP) administrado al retiro del dispositivo. Este éster tiene la propiedad de poseer una vida media más prolongada que el EB actuando durante más tiempo y con una curva de concentración de estradiol en sangre menos pronunciada. Con esta propiedad del ECP sería posible adelantar el momento en que se administra el estradiol, sin modificar el momento de la ovulación. Con esta hipóteisis hace algunos años Colazo *et al.* (2003, 2004) realizaron dos experimentos en Canadá para evaluar el efecto del ECP sobre la dinámica folicular, la ovulación y la tasa de preñez. Encontraron que el ECP aplicado en el momento de la remoción de CIDR fue efectivo para sincronizar la ovulación y obtener tasas de preñez comparables a la aplicación de EB o ECP a las 24 h en vacas tratadas con 5 mg de estradiol 17b y 100 mg de progesterona en el Día 0 (Colazo *et al.,* 2003). También en este estudio encontraron que el éxito de la utilización de ECP cuando removemos el dispositivo depende de cómo se haya sincronizado la onda folicular al inicio del tratamiento. Cuando se utilizaron en lugar de estradiol 17b (el estrógeno más efectivo en la sincronización de una onda folicular) otros agentes que inducen un comienzo de onda mas variable, como GnRH o ECP, la tasa de preñez fue mayor (*P*<0,01) en las vaquillonas que recibieron ECP 24 h después de quitar el CIDR (65%), que ECP al momento de quitar el CIDR (52%), o que GnRH al momento de la IA (51%; Colazo *et al.,* 2004).

Continuando con nuestra línea de trabajo en vaquillonas, en los últimos años hemos realizado una serie de estudios para sustituir la dosis de GnRH a las 48 h por ECP al retiro del dispositivo. En un primer trabajo se utilizaron 1.000 vaquillonas Angus de 14 meses con 304,9 ± 21,5 kg de peso vivo y 5,0±0,3 de condición corporal (escala 1-8). Al iniciar el experimento se determinó la actividad ovárica por ultrasonografía encontrándose un 62,5% con cuerpo lúteo. Las hembras recibieron un dispositivo intravaginal con progesterona (DIB, 1,0 g, Syntex) durante 7 u 8 días asociado a 2 mg de EB (Syntex) y 250 µg de Cloprostenol (Ciclase DL, Syntex) por vía im. Al retirar el dispositivo se administró una segunda dosis de 250 µg de cloprostenol y 300 UI de eCG (Novormon, Syntex) im. Las vaquillonas con y sin cuerpo lúteo fueron asignadas a dos grupos experimentales para recibir 0,5 mg de ECP (Cipiosyn, Syntex) al retiro del dispositivo o 50 µg de GnRH (gonadorelina, Gonasyn Gdr., Syntex) 48 h después del retiro. Para el diseño experimental los grupos fueron balanceados por bloques al azar considerando la presencia de cuerpo lúteo, la duración del tratamiento y la condición corporal. La IATF se realizó entre las 52 y 56 h del retiro del dispositivo con semen proveniente de un único toro. El diagnóstico de gestación se realizó por ultrasonografía entre 30 y 35 días más tarde. Los resultados se compararon por regresión logística. No se encontraron diferencias significativas en la tasa de preñez entre el tratamiento con ECP y GnRH, tanto para vaquillonas con o sin cuerpo lúteo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tasa de preñez obtenida con una dosis de cipionato de estradiol (ECP, 0,5 mg) o GnRH (gonadorelina, 50 µg) luego de un tratamiento con progesterona y EB en vaquillonas Angus de 14 meses

	Vaquillonas sin cuerpo lúteo	Vaquillonas con cuerpo lúteo	Total (*n*=1.000)
ECP al retiro del DIB	67,5% (131/194)	59,6% (183/307)	62,7% (314/501)
GnRH 48 h del retiro del DIB	60,9% (111/182)	54,6% (173/317)	56,9% (284/499)
P	*0,186*	*0,204*	*0,063*

En un siguiente trabajo comparamos ambos tratamientos con 0,5 mg de ECP al retiro del dispositivo versus GnRH (lecirelina 50 µg) 48 h más tarde en vaquillonas de 2 años. Se realizó una serie de cuatro réplicas en diferentes establecimientos con hembras Angus y Hereford (*n*=665). En todos los casos se realizó la misma metodología descrita para los trabajos anteriores, realizando ecografía ovárica y clasificación por condición corporal para asignar las vacas de manera balanceada a ambos grupos experimentales. El tratamiento siempre se inició con 2 mg de EB al colocar el dispositivo con progesterona (Syntex) y se administró 300 UI de eCG y una dosis de PGF2alfa al retirar el dispositivo. Los resultados se muestran en el Cuadro 6. No se encontraron diferencias significativas en la tasa de preñez utilizando ECP al retiro del dispositivo o GnRH 48 h más tarde en vaquillonas de 2 años.

En suma, el uso de ECP al retirar el dispositivo en vaquillonas de 14 meses o de 2 años simplifica el tratamiento, reduce el costo del mismo y se obtiene una tasa de preñez similar que con el uso de GnRH. Este tratamiento es hoy el protocolo de elección en nuestras condiciones de trabajo tanto en vacas como en vaquillonas de 2 años y 14 meses.

Momento de inseminación

Entre las alternativas para simplificar los tratamientos o hacer de la IATF una tecnología para trabajar a mayor escala, una posibilidad es inseminar más cantidad de vacas cada día. Hasta el momento esto era posible únicamente separando el rodeo en dos lotes para retirar los dispositivos a diferente hora y luego inseminar cada lote por separado en la mañana o en la tarde. En rodeos grandes este manejo adicional tiene ciertas dificultades operativas y en general es preferible mantener el protocolo de inseminación tradicional durante la tarde. Sin embargo con el uso del ECP en los últimos años hemos

Cuadro 6. Tasa de preñez en vaquillonas *Bos taurus* que recibieron una dosis im de 0,5 mg de ECP al retiro del dispositivo o un análogo de GnRH (lecirelina 50 µg) 48 h más tarde

	ECP al retiro del dispositivo	GnRH 48 h del retiro del dispositivo	*P*
Réplica I (*n*=204)27% con cuerpo lúteo	50,0% (51/102)	62,8% (64/102)	*0,06*
Réplica II (*n*=146)60% con cuerpo lúteo	62,5% (45/72)	52,7% (39/74)	*NS*
Réplica III (*n*=119)18% con cuerpo lúteo	40,3% (29/72)	40,4% (19/47)	*NS*
Réplica IV (*n*=196)17% con cuerpo lúteo	57,7% (56/97)	51,5% (51/99)	*NS*
Total (*n*=665)	52,8% (181/343)	53,7% (173/322)	*NS*

profundizado en la posibilidad de realizar la IATF durante todo el día sin necesidad de armar dos lotes al momento del retiro del dispositivo, e inseminar así más de 500 vacas cada día.

En diferentes trabajos en vaquillonas y vacas evaluamos la tasa de preñez luego de realizar la IATF en la mañana (48 h) o en la tarde (54 h). Siempre trabajando con hembras Hereford, Angus o sus cruzas, utilizamos un total de 8.712 animales en diferentes réplicas, diferentes categorías y con diferentes dispositivos. En todos los experimentos se determinó la actividad ovárica por ultrasonografía al iniciar el tratamiento. El protocolo farmacológico consistió en 2 mg de EB al colocar el dispositivo intravaginal (de 1 g o 0,5 g como se indica para cada experimento), a los 7 u 8 días cuando se retiró el dispositivo se administró una dosis de eCG (300 UI en vaquillonas y 400 UI en vacas) y 0,5 mg de ECP. A menos que se indique lo contrario, en todos los casos se administró una dosis luteolítica de PGF2alfa (500 µg de cloprostenol) al retirar el dispositivo en vacas o fue dividida en dos medias dosis al colocar y retirar el dispositivo en vaquillonas. Los fármacos utilizados fueron elaborados por el laboratorio Syntex (Buenos Aires, Argentina). En cada experimento las hembras fueron asignadas a dos grupos experimentales para recibir la IATF en la mañana a las 48 h (46 a 50 h) o en la tarde a las 54 h (52 a 56 h) luego del retiro el dispositivo. La asignación de las vacas a cada grupo se realizó de forma balanceada considerando la presencia de cuerpo lúteo y la condición corporal al iniciar el tratamiento. Al momento de la IATF el toro utilizado, la partida de semen y el inseminador fueron asignados a cada grupo en la misma proporción. En todos los experimentos el diagnóstico de gestación se determinó por ultrasonografía a los 30 a 35 días luego de la IATF y los resultados se compararon mediante regresión logística.

Vaquillonas de 14 meses

En un primer trabajo utilizamos 1.394 vaquillonas Angus de 14 meses con 4,9 ± 0,4 de condición corporal (escala 1-8). El rodeo fue dividido en dos lotes para realizar dos réplicas diferidas por dos semanas. En ambas réplicas se comparó la IATF realizada a las 48 h *versus* a las 54 h, con la diferencia que en la Réplica I la dosis de PGF2alfa fue administrada al retirar el dispositivo y en la Réplica II se dividió en dos medias dosis administradas al colocar y retirar el dispositivo. Se utilizaron dispositivos de 0,5 mg de progesterona y el semen utilizado fue de un mismo toro asignando cada partida a cada grupo experimental por igual. Los resultados se muestran en el Cuadro 7. En la Réplica I cuando la PGF2alfa se administró al retirar el dispositivo la tasa de preñez fue superior con la IATF a las 54 h en aquellas vaquillonas que tenían un cuerpo lúteo al inicio del tratamiento, mientras que en las que no tenían cuerpo lúteo no hubo diferencias significativas. Sin embargo, en la Réplica II cuando se agregó la PGF2alfa al colocar el dispositivo, la tasa de preñez fue superior con la IATF a las 48 h. Con estos resultados podemos interpretar que frente a menores niveles de progesterona durante el tratamiento -por ej. en las vaquillonas en anestro y en aquellas con cuerpo lúteo que recibieron PGF2alfa al colocar el dispositivo- la tasa de preñez fue similar entre ambos momentos de inseminación o se vio incluso favorecida por el adelanto de la IATF. Por el contrario, en aquellas vaquillonas que tenían un cuerpo lúteo y no se administró la PGF2alfa al inicio del tratamiento, el adelanto en el momento de la inseminación afectó negativamente la tasa de preñez. Estos resultados tienen cierta lógica si consideramos trabajos previos realizados en vaquillonas donde luego de varios experimentos se concluyó que cuando las vaquillonas son expuestas a niveles demasiados altos de progesterona la tasa de preñez puede verse disminuida (Cutaia *et al.,* 2004; Bó *et al.,* 2004). Los autores encontraron que frente a mayores niveles de progesterona (en aquellas hembras que tenían un cuerpo lúteo al colocar el dispositivo), hubo un menor crecimiento del folículo dominante afectando de forma negativa la ovulación. Esto fue evitado cuando se indujeron menores concentraciones de progesterona mediante la administración de una dosis de PGF2alfa al colocar el

Cuadro 7. Tasa de preñez en vaquillonas Angus de 14 meses a las que se administró PGF2alfa al final del tratamiento o media dosis al inicio y media dosis al final, para recibir una IATF a las 48 o 54 h luego del retiro del dispositivo

		Vaquillonas con cuerpo lúteo	Vaquillonas sin cuerpo lúteo
Réplica I (*n*=656)			
22,7% con cuerpo lúteo	IATF 48 h	23,2% (13/56)	44,5% (85/191)
PGF2alfa al retirar el	IATF 54 h	38,7% (36/93)	39,2% (124/316)
dispositivo 0,5g	*P*	*0,05*	*0,28*
Réplica II (*n*=738)			
50,8% con cuerpo lúteo	IATF 48 h	51,0% (77/151)	59,5% (94/158)
PGF2alfa al colocar y	IATF 54 h	40,6% (91/224)	43,4% (89/205)
retirar el dispositivo 0,5g	*P*	*0,05*	*0,01*

dispositivo. A partir de estos resultados y considerando la información generada en este experimento presentado, en nuestra práctica hemos incorporado como rutina la administración de una dosis de PGF2alfa al inicio y al final del tratamiento en vaquillonas. Con esta estrategia sugerimos que sería preferible realizar la IATF a las 48 h de retirar el dispositivo en vaquillonas de 14 meses.

En el siguiente experimento evaluamos el momento de la IATF en vaquillonas de 2 años. Trabajamos sobre un total de 1.953 vaquillonas en cinco réplicas con un diseño muy similar al anterior para comparar la tasa de preñez con IATF a las 48 h y a las 54 h. En todos los casos se administró el tratamiento indicado anteriormente con EB, progesterona, eCG y ECP con dos medias dosis de PGF2alfa administrada al inicio y al final del tratamiento. Las vaquillonas fueron asignadas a cada grupo experimental de acuerdo al criterio descrito anteriormente para mantener los grupos balanceados. Los resultados se muestran en el Cuadro 8. No hubo diferencia entre ambos momentos de inseminación, siendo posible inseminar las vaquillonas tanto de mañana como de tarde sin afectar la tasa de preñez. Tanto en la IATF a las 48 h como a las 54 h, aquellas vaquillonas que tenían un cuerpo lúteo al inicio del tratamiento se preñaron 7 puntos porcentuales por encima de las vaquillonas que no tenían un cuerpo lúteo ($P<0,05$). En todos los casos la tasa de preñez fue superior al 50% lo que representa un buen resultado en vaquillonas con un alto porcentaje de anestro.

Vacas con cría

En un siguiente experimento evaluamos la tasa de preñez con la inseminación AM y PM en vacas con cría. Se utilizaron 2.737 vacas paridas con 60 a 90 días posparto en 9 réplicas, siendo todas las hembras clasificadas por condición corporal y ecografía ovárica al iniciar el tratamiento. Se realizó destete precoz de los terneros al colocar el dispositivo y se administró el tratamiento de sincronización descrito en los trabajos anteriores con progesterona, EB, eCG, PGF2alfa y ECP. En cada réplica las vacas fueron asignadas a dos grupos experimentales para recibir la IATF a las 48 h o a las 54 h luego de retirado el dispositivo, asignando a cada grupo la misma cantidad de vacas inseminadas con cada toro, cada partida de semen y cada inseminador. El diagnóstico de gestación se realizó por ultrasonografía a los 30-35 días luego de la IATF. Al igual que en el resto de los experimentos los resultados se compararon por regresión logística. La tasa de preñez no se vio afectada por el momento de inseminación independientemente del dispositivo utilizado o de la presencia de cuerpo lúteo al iniciar el tratamiento (Cuadro 9). Como información adicional, la fertilidad fue significativamente mayor en aquellas vacas que tenían un cuerpo lúteo al iniciar el tratamiento. En conclusión, en las diferentes condiciones evaluadas en vacas paridas es posible realizar la IATF tanto a las 48 h como a las 54 h sin afectar la tasa de preñez.

Cuadro 8. Tasa de preñez en vaquillonas de 2 años inseminadas a las 48 h o a las 54 h luego del retiro del dispositivo, con o sin cuerpo lúteo al iniciar el tratamiento

		IATF 48 h	IATF 54 h	*P*
Dispositivos de 1 g				
Réplica I (*n*=439) 71,3% con CL	Con cuerpo lúteo	61,9% (99/160)	66,0% (101/153)	*NS*
	Sin cuerpo lúteo	61,3% (38/62)	57,8% (37/64)	*NS*
Réplica II (*n*=184) 38,6% con CL	Con cuerpo lúteo	74,4% (29/39)	62,5% (20/32)	*NS*
	Sin cuerpo lúteo	51,9% (27/52)	47,5% (29/61)	*NS*
Total (*n*=623) dispositivos 1g	Con cuerpo lúteo	64,3% (128/199)	65,4% (121/185)	*NS*
	Sin cuerpo lúteo	57,0% (65/114)	52,3% (66/125)	*NS*
	P	*NS*	*<0,05*	
Dispositivos de 0,5 g				
Réplica III (*n*=330) 38,8% con CL	Con cuerpo lúteo	56,9% (33/58)	58,6% (41/70))	*NS*
	Sin cuerpo lúteo	53,6% (59/110	52,2% (48/92)	*NS*
Réplica IV (*n*=778) 40,4% con CL	Con cuerpo lúteo	61,6% (106/172)	62,0% (88/142)	*NS*
	Sin cuerpo lúteo	51,5% (119/231)	57,1% (133/233)	*NS*
Réplica V (*n*=222) 37,8% con CL	Con cuerpo lúteo	64,6% (31/48)	53,8% (14/26)	*NS*
	Sin cuerpo lúteo	69,4% (59/85)	57,1% (36/63)	*NS*
Total (*n*=1.330) dispositivos 0,5g	Con cuerpo lúteo	61,2% (170/278)	60,1% (143/238)	*NS*
	Sin cuerpo lúteo	55,9% (237/426)	55,9% (217/388)	*NS*
	P	*NS*	*NS*	

Cuadro 9. Tasa de preñez en vacas de cría con 60 a 90 días posparto con o sin cuerpo lúteo (CL) que recibieron una IATF a las 48 h o a las 54 h luego del retiro del dispositivo

		IATF 48 h	IATF 54 h	*P*
Dispositivo 1g 5 réplicas (*n*=1.484)	Con CL	56,0% (102/182)	60,1% (86/143)	*NS*
	Sin CL	54,2% (328/605)	58,7% (325/554)	*NS*
Dispositivo 1g usado 3 réplicas (*n*=964)	Con CL	58,6% (85/145)	57,9% (88/152)	*NS*
	Sin CL	46,7% (141/302)	45,5% (166/365)	*NS*
Dispositivo 0,5g 1 réplica (*n*=289)	Con CL	51,2% (22/43)	56,1% (23/41)	*NS*
	Sin CL	59,0% (59/100)	58,1% (61/105)	*NS*
Total (*n*=2.737)	Con CL	56,5% (209/370)	58,6% (197/336)	*NS*
	Sin CL	52,4% (528/1007)	53,9% (552/1024)	*NS*
Efectos principales				
	Hora de IATF	IATF 48 h 53,5% (737/1.377)	IATF 54 h 55,1% (749/1.360)	*NS*
	Presencia de CL	Con CL 57,5% (406/706)	Sin CL 53,2% (1.080/2.031)	*<0,05*

En conclusión, a partir de los resultados obtenidos en esta serie de experimentos en vacas y vaquillonas, mediante el uso de este tratamiento con 2 mg de EB al colocar el dispositivo por 7 u 8 días asociado a una dosis de PGF2alfa (al retirar el dispositivo en vacas y al colocarlo y retirarlo en vaquillonas), 400 UI o 300 UI de eCG (en vacas y vaquillonas, respectivamente) y 0,5 mg de ECP al retirar el dispositivo, es posible realizar la IATF entre las 46 y 56 horas sin afectar la tasa de preñez. La excepción parece ser las vaquillonas de 14 meses en las que sugerimos que sería recomendable

la IATF a las 48 h del retiro del dispositivo. En general, con esta información en muchas situaciones es posible inseminar más de 500 vacas en un mismo día favoreciendo así el uso de esta tecnología a gran escala.

IATF asociada a medidas de destete

El hecho que el principal problema al que se enfrenta la función reproductiva de la vaca en nuestros países sea el anestro posparto determinado éste por el nivel nutricional y el amamantamiento, ha generado la necesidad de diseñar estrategias para mitigarlo. El control del amamantamiento en Uruguay es ampliamente utilizado por los ganaderos tanto a través del uso de tablillas nasales así como mediante el destete precoz o hiperprecoz (Quintans, 2000; de Castro *et al.,* 2002). Por este motivo hemos estudiado estas herramientas utilizándolas en forma individual o conjunta con la IATF como forma de mejorar la fertilidad en los rodeos de cría.

En un primer trabajo se comparó la tasa de preñez con el uso de tablillas nasales en los terneros durante el tratamiento para IATF (de Castro *et al.,* 2006). Se trabajó en dos réplicas sobre un total de 193 vacas Hereford primíparas y en cada réplica las vacas fueron divididas en dos grupos experimentales, en uno se privó a los terneros del amamantamiento con una tablilla colocada por 10 días desde la inserción del dispositivo hasta la IATF, mientras que en otro grupo se dejó a los terneros amamantando. Si bien la mayoría de las vacas se encontraba en anestro (95,3% sin cuerpo lúteo) y con 60 días posparto, la condición corporal no era extremadamente baja con una media de 4,5 en la escala de 1 a 8. En ambas réplicas los resultados de las vacas con IATF y tablilla estuvo algunos puntos por encima del grupo sin tablilla, con una tasa de preñez de 61,1% y 55,1%, respectivamente (*P*=NS). Aunque esta diferencia de 5 a 10 puntos porcentuales no alcanzó a ser significativa, en nuestra práctica preferimos el uso de la tablilla en aquellos casos en que con una condición corporal no muy crítica, el rodeo presenta una alta proporción de vacas en anestro superficial, situación por demás frecuente en nuestras condiciones de trabajo. En aquellos casos con una condición corporal más baja (<3,5) y mayor porcentaje de vacas en anestro profundo, recomendamos recurrir a medidas más radicales como el destete definitivo de los terneros.

El destete precoz asociado a IATF lo evaluamos en vacas Hereford en anestro y baja condición corporal (Menchaca *et al.,* 2005). Se trabajó con 139 vacas con 60 a 90 días posparto y una condición corporal promedio 4 (escala 1 a 8). El rodeo fue dividido en tres grupos para recibir: a) destete precoz (*n*= 47) y 10 días más tarde iniciar un servicio de inseminación artificial a celo visto durante 30 días; b) un tratamiento para IATF (*n*=46) permaneciendo las vacas con su cría amamantando; c) destete precoz + IATF (*n*=46) iniciando el tratamiento con el dispositivo y EB el mismo día en que se realizó el destete precoz. En ambos grupos con IATF se realizó un repaso con inseminación a celo visto junto con el grupo que sólo recibió destete. Se realizó ultrasonografía a los 30 y 60 días de iniciado el servicio para determinar la tasa de preñez de la IATF y durante los primeros 30 días de servicio, respectivamente (Cuadro 10).

Este experimento nos permitió demostrar que el destete precoz favorece de manera significativa los resultados obtenidos con la IATF en vacas en anestro y en baja condición corporal.

A partir de estos resultados en algunos casos aplicamos la IATF como única técnica y en ocasiones le asociamos medidas de control del amamantamiento. La decisión de implementar un programa de IATF complementado en algunos casos por algún tipo de destete la tomamos de acuerdo al esquema mostrado en la Figura 3. Si bien recomendamos este criterio para clasificar cada vaca y realizar un diagnostico de situación, proponer las posibles soluciones y estimar los resultados esperados, para simplificar la puesta en práctica del programa definimos una sola opción para todo el rodeo: IATF con los terneros amamantando, o IATF con destete con tablillas, o IATF con destete precoz, o simplemente un destete precoz y diferir la IATF o no realizarla en caso que la situación sea extremadamente crítica. Esta decisión de

Cuadro 10. Tasa de preñez a la IATF y luego de 30 días de inseminación en vacas en anestro sometidas a destete precoz, o a IATF, o a la combinación de ambas técnicas

	1º día de servicio (IATF)	30 días de servicio
Destete precoz	—	51,1% (24/47)[a]
IATF	34,8% (16/46)[a]	47,8% (22/46)[a]
Destete + IATF	56,5% (26/46)[b]	78,3% (36/46)[b]

Para una columna, diferentes letras P<0,01.

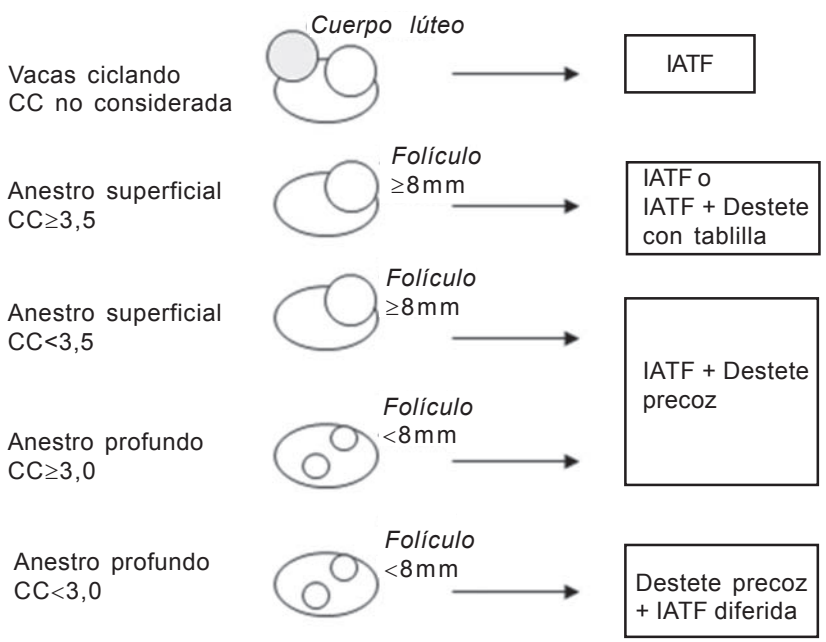


Figura 3. Criterio utilizado para implementar un programa de IATF considerando la actividad ovárica determinada por ecografía y la condición corporal (CC) al iniciar el tratamiento.

aplicar una de estas opciones se realiza a partir de cómo se encuentren la mayoría de las vacas en el rodeo y de las posibilidades en cada predio de implementar un destete.

Utilizando esta metodología hemos realizado una serie de programas de IATF a gran escala en vacas en pobre condición corporal, utilizando la IATF en combinación con destete precoz. En aquellos establecimientos en los que el destete precoz es una práctica habitual cada año, la incorporación de la IATF tiene un impacto fácilmente evidente tanto en la mayor tasa de preñez como en la mayor cabeza de parición que se genera, en el uso masivo de la inseminación en todo el rodeo y en la simplificación además del manejo durante la inseminación. Así lo muestran los resultados obtenidos durante 10 años de registros en 51.737 vacas Angus en una empresa ubicada en Rocha, en la que incorporamos la IATF luego de 8 años en los que se realizaba destete precoz sistemático a la totalidad del rodeo. La Figura 4 muestra que la tasa de preñez durante los años en que se realizó el destete precoz fue en promedio 87,9%, mientras que en los dos últimos años cuando se agregó una IATF al inicio del servicio al momento de realizar el destete la tasa de preñez final superó el 95% en los dos años consecutivos.

Los resultados obtenidos en esta empresa son similares a los obtenidos en otros establecimientos ubicados más al norte de Uruguay sobre suelos de basalto o arenis-

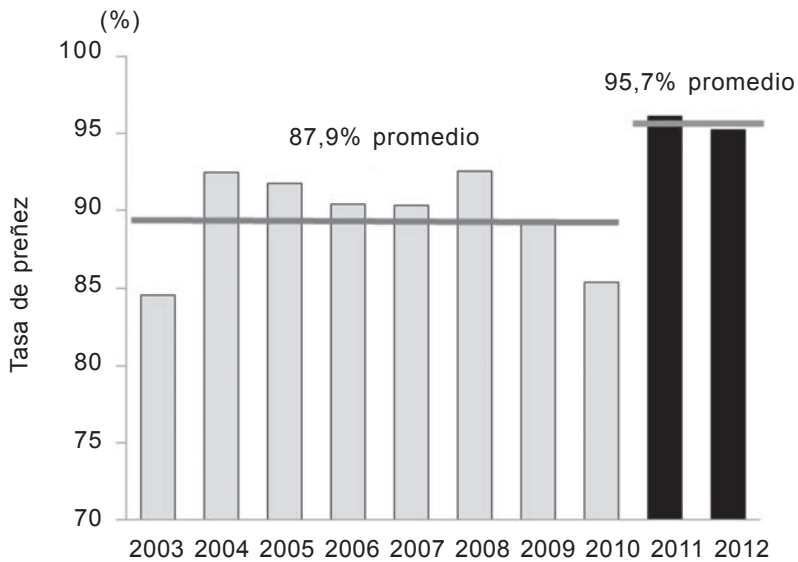


Figura 4. Tasa de preñez anual en un rodeo comercial en el que se aplicó destete precoz (DP) sistemático a todas las vacas durante los primeros 8 años, comparado con IATF + DP que implementamos en los últimos 2 años (García Pintos *et al.,* datos sin publicar). Se presentan los registros para 10 años sobre un total de 51.737 vacas.

cas en donde en 2012 aplicamos el mismo programa con IATF sistemática en vacas y vaquillonas. En todos los casos en vacas con cría la IATF se realizó a los 60 a 90 días posparto luego de implementar un destete precoz al momento de colocar el dispositivo intravaginal. Tanto en vacas como en vaquillonas luego de la IATF se inició el servicio tradicional con toros hasta fines de febrero. Sobre un total de 11.863 hembras que recibieron IATF se obtuvo una tasa de preñez general del 90,1% (10.685) con un 55,5% (6.308) de preñez por inseminación. En este grupo de 7 establecimientos las vacas con cría estaban entre 60 y 90 días posparto y con un 83,0% sin cuerpo lúteo (rango: 73,7% a 86,5%) determinado por ecografía ovárica que realizamos a la totalidad de las hembras al iniciar cada tratamiento, y con una condición corporal promedio de 3,6±0,5. Estas vacas alcanzaron una tasa de preñez a la IATF de 54,3% en promedio con pequeñas variaciones entre los establecimientos (rango: 51,8% a 62,2%). De esta manera se logró en las vacas paridas una tasa de preñez con IATF similar a las vaquillonas que alcanzaron en promedio 56,6% de preñez a la IATF (rango: 54,1% a 63,2%). Al iniciar el tratamiento en las vaquillonas aproximadamente la mitad estaba en anestro, con un 54,0% sin cuero lúteo (rango 46,3% a 64,3%) y con una condición corporal 4,6±0,6. En suma, sobre un total de 10.685 animales preñados, el 59% (6.308) producirá terneros de inseminación hijos de toros superiores para las características definidas por esta empresa, naciendo además en la cabeza de parición.

Como conclusión, haciendo uso de la IATF de manera sistemática asociado al destete precoz en vacas con cría en anestro, es posible acercarnos al mayor potencial reproductivo de un rodeo de cría, controlar la curva de partos aumentando la cabeza de parición, y lograr además un fuerte impacto en la mejora genética del rodeo con más de la mitad de los terneros hijos de inseminación.

CONCLUSIONES

Se presentó la información más relevante para mejorar la fertilidad o simplificar la implementación de los tratamientos para IATF. Considerando que en general una importante proporción de las hembras se encuentra en anestro, hemos trabajado en es-

trategias para inducir la ovulación y generar un cuerpo lúteo funcional. Los tratamientos más indicados consisten en el uso de progesterona durante 7 u 8 días asociados a una dosis im de 2 mg de EB al colocar el dispositivo intravaginal y una dosis de eCG al retirarlo. Dado que en todo rodeo hay una proporción de vacas con cuerpo lúteo, es necesario administrar una dosis luteolítica de PGF2alfa al retirar el dispositivo en vacas multíparas. En vaquillonas es recomendable dividir esta dosis de PGF2alfa para administrarla al colocar y al retirar el dispositivo, disminuyendo los niveles de progesterona en vaquillonas cilcando lo que favorece el desarrollo folicular terminal y la ovulación. La administración de eCG al retirar el dispositivo en vacas en anestro estimula el desarrollo del folículo ovulatorio, aumenta la tasa de ovulación y mejora la actividad del cuerpo lúteo durante la preñez temprana. Como resultado, 400 UI de eCG en vacas y 300 UI en vaquillonas en anestro mejora la tasa de preñez. Cuando evaluamos la posibilidad de ampliar la ventana para realizar la IATF en la mañana y en la tarde, con este tratamiento es posible obtener la misma tasa de preñez realizando la IATF entre las 46 y 56 h luego de la remoción del dispositivo lo que permite inseminar más de 500 vacas por día. La asociación de la IATF a algunas medidas de control del amamantamiento como el destete con tabillas nasales o el destete precoz a los 60 días posparto permite mejorar la tasa de preñez en vacas en anestro. El destete con tablillas se realiza durante 10 días desde el inicio del tratamiento hasta la IATF no implicando un manejo adicional del rodeo y es efectivo en vacas cuya condición corporal no está muy comprometida. Cuando las vacas se encuentran con una condición corporal más crítica o en anestro profundo es preferible realizar un destete definitivo de los terneros al colocar el dispositivo intravaginal. En suma, a partir de la información generada en estos últimos años, la IATF muestra ser una herramienta útil para mejorar la eficiencia reproductiva en rodeos de cría.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARUSELLI P.S.; SALES J.N.S.; CREPALDI G.A.; MARQUES M.O.; PENTEADO L.; BÓ G. 2007. Aplicacao integrada de programas de controle da ovulacao e manejo reproductivo em bovinos de corte criados em condicoes extensivas. Resúmenes VII Simposio Internacional de Reproducción Animal. Córdoba. 55-79.

BARUSELLI, P.S.; REIS, E.L.; MARQUES, M.O.; NASSER, L.F.; BÓ, G.A. 2004. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrous beef cattle in tropical climates. Anim Reprod Scie 82-82: 479-486.

BÓ, G.A.; ADAMS, G.P.; CACCIA, M.; MARTINEZ, M.; PIERSON, R.A.; MAPLETOFT, R.J. 1995a. Ovarian follicular wave emergence after treatment with progestagen and estradiol in cattle. Anim Reprod Sci 39: 193-204.

BÓ, G.A.; ADAMS, G.P.; PIERSON, R.A.; MAPLETOFT, R.J. 1995b. Exogenous control of follicular wave emergence in cattle. Theriogenoloy 43: 31-40.

BÓ, G.A.; BARUSELLI, P.S.; MARTÍNEZ, M.F. 2003. Pattern and manipulation of follicular development in Bos indicus cattle. Anim Reprod Sci 78: 307-326.

BÓ, G.A.; BARUSELLI, P.S.; MORENO, D.; CUTAIA, L.; CACCIA, M.; TRÍBULO, R.; TRÍBULO, H.; MAPLETOFT, R.J. 2002. The control of follicular wave development for self-appointed embryo transfer programs in cattle. Theriogenology 57: 53-72.

BÓ, G.A.; CUTAIA, L.; PERES, L.C.; PINCINATO, D., MARAÑA, D.; BARUSELLI, P.S. 2007. Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on reproductive performance of Bos indicus cattle. Society of Reproduction and Fertility supplement 64: 223-236.

CESARONI, G.; BUTLER, H.; MC DERMOTT, E., CANO, A. 2000. Preñez de vaquillonas inseminadas a tiempo fijo después de un tratamiento con CIDR asociado con GnRH o con benzoato de estradiol aplicado 0 o 24 hs postratamiento. Taurus; 6:20-25.

COLAZO M.G.; KASTELIC J.P.; MAPLETOFT R.J. 2003. Effects of estradiol cypionate (ECP) on ovarian follicular dynamics, synchrony of ovulation, and fertility in CIDR-based, fixed-time AI programs in beef heifers. Theriogenology 60:855-65.

COLAZO, M.G.; KASTELIC, J.P.; MARTINEZ, M.F.; WHITTAKER, P.R.; WILDE, R. 2004. Fertility follawing fixed-time AI in CIDR treated beef heifers given GnRH or estradiol Cypionate and fed diets supplemented with flax seed or sunflower seed. Theriogenology 15; 61:1115-24.

CUTAIA, L.; MORENO, D.; VILLATA, M.L.; BÓ, G.A. 2001. Synchrony of ovulation in beef cows treated with progesterone vaginal devices and estradiol benzoate administered at device removal or 24 hours later. Theriogenology; 55:408 abstr.

CUTAIA, L.; VENERANDA, G.; TRÍBULO, R.; BARUSELLI, P.S.; BÓ, G.A. 2003. Programas de Inseminación Artificial a Tiempo Fijo en rodeos de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. V° Simposio Internacional de Reproducción Animal. pp 119-132.

DE CASTRO, T.; IBARRA, D.; VALDEZ, L.; RODRIGUEZ, M.; GARCÍA LAGOS, F.; BENQUET, N.; RUBIANES, E. 2002. Medidas para acortar el anestro posparto en la vaca de cría. Premio Nacional de Veterinaria 2002, Academia Nacional de Veterinaria.

DE CASTRO, T.; MENCHACA, A.; BONINO, R.; PEÑAGARICANO, A. 2006. Effects of suckling inhibition with nose plates associated to a timed insemination protocol in primiparous beef cows. Reproduction in Domestic Ruminants VI, 64.

DIEA. 2003. La ganadería en Uruguay, contribución a su conocimiento. Estadísticas Agropecuarias (DIEA), MGAP, 23 p.

DIEA. 2012. Anuario Estadístico Agropecuario 2012. Estadísticas Agropecuarias (DIEA), MGAP, 42 p.

MENCHACA, A.; DE CASTRO, T.; CHIFFLET, N., ALVAREZ, M. 2005. Uso combinado de IATF y destete precoz en vacas de cría en anestro postparto. XXXIII Jornadas de Buiatría, Paysandú, Uruguay.

MURPHY, B.D.; MARTINUK, S.D. 1991. Equine chorionic gonadotropin. Endocr Rev 12: 27-44.

QUINTANS, G. 2000. Estrategia para acortar el anestro posparto en vacas de carne.Serie Técnica INIA Nº 108. G. Quintans Ed.

RATHBONE, M.J.; KINDER, J.E.; FIKE, K.; KOJIMA, F.; CLOPTON, D.; OGLE, C.R.; BUNT, C.R. 2001. Recent advances in bovine reproductive endocrinology and physiology and their impact on drug delivery system design for the control of the estrous cycle in cattle. Adv Drug Deliv Rev 50: 277-320.

ROCHE, J.F.; CROWE, M.A.; BOLAND, M.P. 1992. Postpartum anestrus in dairy and beef cows. Anim. Reprod. Sci. 28, 371–378.

SORROARAIN, N.; VACA, R.J.A.; FERNÁNDEZ FRANCIA, M.G.; LARES, S.F.; DE LA SOTA, R.L., BALDO A. 2005. Eficiencia de la utilización de benzoato de estradiol a las 0 ó 24 horas del retirado el dispositivo intravaginal con progesterona para inducir la ovulación en vacas multíparas para carne. VI Simposio Internacional de Reproducción Animal, Córdoba, Argentina, abstr.

YAVAS, Y.; WALTON, J.S. 2000. Induction of ovulation in postpartum suckled beef cows: A review. Theriogenology 54: 1-23.

NUTRITIONAL INFLUENCES ON REPRODUCTION OF BEEF COWS

Robert P. Wettemann[1]

ABSTRACT

Production of weaned calves is relatively inefficient. Many cows and heifers exposed to bulls do not become pregnant because they are not in estrus during the breeding season. Losses from less than optimal reproductive performance also results in reduced weaning weights of younger calves the next year.

Body energy reserves and nutrient intake are major regulators of reproduction of beef cows. Inadequate body energy reserves at parturition increase the interval to first estrus and ovulation, and postpartum nutrient intake can influence length of the anestrous interval in cows with thin to moderate body condition score (BCS). Nutritional restriction causes decreased secretion of gonadotropin releasing hormone and luteinizing hormone, reduces follicular growth, and decreases concentrations of estradiol in plasma. In addition to direct and indirect effects of decreased energy intake on the hypothalamus and pituitary, nutrition may influence ovarian function. Adequate body energy stores and sufficient plasma concentrations of metabolic regulators, are necessary for ovulation in postpartum cows. Complex interactions between hormones, metabolic compounds and other signals control follicular maturation, estrus, and ovulation in postpartum beef cows.

INTRODUCTION

A major determinant of profitability of beef production is reproductive efficiency. Beef cattle are frequently not pregnant at the end of the breeding season because of the absence of normal estrous cycles. The anestrous condition in postpartum cows is caused by reduced ovarian follicular growth and the absence of luteal activity (Wettemann, 1980). A major factor that regulate duration of the postpartum anestrous period are nutrient intake before and after calving. If nutrient intake is inadequate and body energy reserves are depleted, the interval from calving to the first estrus is extended (Wiltbank *et al.,* 1962; Dunn and Kaltenbach, 1980; Short *et al.,* 1990). Suckling also inhibits the resumption of normal estrous cycles after parturition (Short *et al.,* 1972; Williams, 1990).

A major goal of a beef cow feeding program should be to have a large percentage of the cows exhibiting estrous cycles early in the breeding season. The optimal amount of supplemental feed required after calving is not well established. Factors such as forage quality and availability, the type of supplement fed, or BCS at calving, can greatly influence the response to nutrient intake. Feeding protein supplements to postpartum cows will increase intake of dry forages and thus total energy in the diet. If cows are fed diets which contain large amounts of starch, forage intake maybe reduced and total energy in the diet may be unchanged or reduced.

Relationships between body energy reserves and weight loss (before and after parturition) with the duration of the postpartum anestrous period have been established (Dunn and Kaltenbach, 1980; Selk *et al.,* 1988). The most important factor that influences pregnancy rate is body energy reserves at calving. When beef cows had a body condition score (BCS; 1= emaciated, 9= obese; Wagner *et al.,* 1988) of five or greater at calving, the number of days from calving to first estrus and ovulation was 15 to 35% less than if cows calved with a BCS of less than 5 (Richards *et al.,* 1986; Looper *et al.,* 1997, Lents *et al.,* 2000).

[1]Department of Animal Science, Oklahoma Agricultural Experiment Station, Stillwater, OK 74078-0425

Body condition score of primiparous cows at calving influences the response to postpartum nutrient intake (Spitzer *et al.,* 1995). When young cows with a BCS of 6 were fed to gain 0.85 vs 0.44 kg/d after calving, the percentage of cows in estrus during the first 20 d of the breeding season increased from 40 to 85%. However, when cows had a BCS of 4, the greater daily gain only increased the percentage of cows in estrus from 33 to 50%.

Energy intake and body energy stores influence concentrations of energy substrates and metabolic hormones in the blood of cattle. Alterations in concentrations of substrates and metabolic hormones signal the hypothalamic-pituitary-ovarian axis as to the metabolic status of the animal. However the metabolic signals between body energy reserves and follicular maturation and ovulation have not been determined. Determination of the signal or signals by which body energy reserves control the onset of estrus cycles after calving will allow the postpartum anestrous interval to be decreased without feeding additional energy to cows.

DISCUSSION

Follicular development after parturition

The first dominant follicle (DF) occurs within 10 to 12 d after parturition in beef and dairy cows (Murphy *et al.,* 1990; Savio *et al.,* 1990; Stagg *et al.,* 1995). Thus, a lack of follicular waves after parturition is not the limiting factor for the onset of estrus and ovulation. The first postpartum DF ovulated in few (11%) beef cows (Murphy *et al.,* 1990), whereas the first DF ovulated in most (74%) dairy cows (Savio *et al.,* 1990). Beef cows with inadequate body energy reserves and/or suckling calves had several follicular waves before the first ovulation (Murphy *et al.,* 1990; Stagg *et al.,* 1995) and the number of DF before ovulation was greater with reduced postpartum nutrient intake.

Frequent pulses of LH are needed for maturation of preovulatory follicles (Roberson *et al.,* 1989; Stock and Fortune, 1993). Mean concentrations of LH and frequency of pulses increase with time before the first postpartum ovulation (Stagg *et al.,* 1998). Recurring follicular waves and atresia of the DF may be caused by inadequate pulses of LH. Nutritionally-induced anovulation is associated with decreased secretion of LH (Wettemann and Bossis , 1999). The first DF after parturition was prolonged or ovulated when beef cows were given hourly pulses of LH (Duffy *et al.,* 2000). Treatment of nutritionally-induced anovulatory cows with one pulse of GnRH each hour will initiate ovarian luteal activity (Bishop and Wettemann, 1993; Vizcarra *et al.,* 1997).

The ability of DF to produce estradiol is limited during the postpartum anovulatory period and increases with time after parturition (Spicer *et al.,* 1986). Postpartum anovulatory follicles produced less estradiol than preovulatory follicles (Braden *et al.,* 1986). Although the amount of insulin-like growth hormone-I (IGF-I) in follicular fluid was not influenced by time postpartum or whether a follicle was estrogen active (Spicer *et al.,* 1988; Rutter and Manns, 1991), amounts of IGF binding proteins in follicles could regulate the availability of IGF-I to follicular cells. Factors that increase the postpartum interval to first ovulation probably decrease steroidogenesis in follicles.

Abnormal luteal function after the first ovulation occurs frequently in beef cows. The luteal phase after the spontaneous first postpartum ovulation is usually less than 10 d (Corah *et al.,* 1974; Werth *et al.,* 1996; Looper *et al.,* 1997). Similarly, a short luteal phase also occurs after early weaning (Odde *et al.,* 1980; Copelin *et al.,* 1987; Breuel *et al.,* 1993) or treatment with GnRH (Kesler *et al.,* 1980; Wettemann *et al.,* 1982). Short lived CL cannot maintain pregnancy since they regress before d 15 when maternal recognition of pregnancy occurs (Northey and French, 1980). A premature luteolytic signal causes short lived CL (Garverick *et al.,* 1992).

Estrous behavior usually does not occur before the first postpartum ovulation in beef (Murphy *et al.,* 1990; Perry *et al.,* 1991; Looper *et al.,* 1997) and dairy cows (Graves *et al.,* 1968; Savio *et al.,* 1990). Duration of the luteal

phase after the first estrus in beef cows is usually of normal duration (Corah *et al.,* 1974; Odde *et al.,* 1980; Looper *et al.,* 1997).

Secretion of gonadotropin

Secretion of LH is a rate limiting step for the initiation of follicular growth and estrus after calving. Pulsatile secretion of LH is associated with secretion of GnRH in cows (Gazal *et al.,* 1998; Yoshioka *et al.,* 2001) and increased frequency of exogenous GnRH pulses increased pulse frequency and mean concentrations of LH in anovulatory cows (Bishop and Wettemann, 1993; Vizcarra *et al.,* 1997).

Nutritional effects on LH secretion in ruminants are dissimilar to monogastric animals. Short term nutritional restriction or fasting reduces LH secretion in rats (Campbell *et al.,* 1977) and primates (Cameron and Nosbisch, 1991) but not in sheep and cattle (Khireddine *et al.,* 1996; Mackey *et al.,* 2000; Amstalden *et al.,* 2002a). To determine if products of rumen fermentation are involved in control of LH secretion, total rumen contents of fistulated steers (440 kg) were removed and either all the fluid and particulate material were replaced (control) or only 15% of the rumen contents were replaced (restricted; Ojeda *et al.,* 1996). Restricted steers were fed 2 kg of low quality hay each day and control steers were fed a diet of hay and soybean meal to maintain weight. Mean concentration of LH and pulse frequency and amplitude were similar in control and restricted steers before and after three days of feed restriction. Although the nutritional restriction resulted in a decrease in substrate and microbes for rumen fermentation, mobilization of body fat, and a 2-fold increase in plasma concentration of NEFA, LH secretion was unaltered.

Secretion of estrogens and progesterone during pregnancy reduce concentrations of LH in the pituitary at parturition (Nett *et al.,* 1987) and concentration of LH increase in serum within a week after calving (Ingalls *et al.,* 1973). The interval from calving until pulsatile secretion of LH is sufficient for maturation of the ovulatory follicle is influenced by factors such as body energy reserve, nutrient intake, and suckling. During the early postpartum period a pulse of LH is secreted every 3 to 6 h (Humphrey *et al.,* 1983; Nett *et al.,* 1988) and the frequency increases to 1 to 2 pulses per h before the first ovulation (Peters *et al.,* 1981; Terqui *et al.,* 1982). Reduced pulsatile secretion of LH during the early postpartum period is probably associated with decreased GnRH secretion because the number and affinity of GnRH binding sites on the pituitary do not change during the postpartum period (Moss *et al.,* 1985) and pulsatile treatment with GnRH causes pulsatile secretion of LH.

Concentrations of FSH increase within a week after parturition (Schallenberger *et al.,* 1982; Peters and Lamming, 1984) and are constant until ovulation (Convey *et al.,* 1983; Nett *et al.,* 1988). Postpartum anestrous beef cows have adequate FSH for development of DF (Stagg *et al.,* 1998). Similar secretion of FSH in restricted and maintenance fed heifers before the onset of nutritionally-induced anovulation, and increased concentrations of FSH in serum after the onset of anovulation (Bossis *et al.,* 1999), indicate that secretion of FSH is not limiting for follicular growth in energy restricted cattle.

Secretion of progesterone and estradiol

Plasma concentrations of progesterone are minimal at parturition (Henricks *et al.,* 1972; Smith *et al.,* 1973) and increase after the first ovulation (Lauderdale, 1986; Perry *et al.,* 1991; Werth *et al.,* 1996) or luteinization (Donaldson *et al.,* 1970; Corah *et al.,* 1974) of a follicle. The first increase in plasma concentrations of progesterone in beef cows after calving usually persist for 3 to 9 days (Perry *et al.,* 1991; Werth *et al.,* 1996; Looper, 1999). This transient increase in progesterone is usually not preceded by estrus.

Plasma concentrations of estrogens decrease rapidly after parturition (see review, Wettemann, 1980). During the postpartum anovulatory period, concentrations of estradiol may increase in plasma for a short duration, but these increases may not be

associated with growth and maturation of follicles (Murphy *et al.,* 1990; Stagg *et al.,* 1995). Concentrations of estradiol in plasma increase before the first postpartum ovulation (Echternkamp and Hansel 1973; Perry *et al.,* 1991; Stagg *et al.,* 1995).

Suckling and anovulation

Suckling prolongs postpartum anovulation and the effect is of greatest magnitude in primiparous and thin cows (Short *et al.,* 1990). (See Williams, 1990, for a detailed review of the effect of suckling on neuroendocrine control of postpartum ovarian function.) Cows develop a bond with their calf (Silveira *et al.,* 1993; Stevenson *et al.,* 1997) and the effect of sucking by a cow's calf is greater than suckling by a foster calf. Although twice daily suckling is adequate to increase the duration of the postpartum anestrous interval, twice daily milking does not prolong anovulation (Lamb *et al.,* 1999). Fewer cows with ad libitum suckling had ovulated by 80 d post partum (43%) compared with cows that had calves isolated and only allowed to suckle once per day (90%; Stagg *et al.,* 1998). However, if calves were allowed to suckle once per day and calves were adjacent to cows continuously, only 65% of the cows had ovulated by 80 d post partum. Thus, development of the cow-calf bond prolongs the postpartum anovulatory interval even with a reduced suckling stimulus.

Body energy reserves at calving influences the effect of suckling on ovarian function. If cows had a BCS greater than or equal to 5 at calving and calves were weaned at 35 d post partum, all cows ovulated by 25 d after weaning (Bishop *et al.,* 1994). In contrast only 40% of cows with a BCS less than 5 had ovulated by 25 d after weaning. Although the interval from weaning to ovulation is greater in thin cows than in cows with greater BCS, weaning is a useful management option to increase pregnancy rates in thin cows.

Potential metabolic signals

Macronutrients or their metabolites can regulate gene expression and influence growth and body functions in addition to their roles as sources of energy. Glucose can influence expression of genes in cells independent of insulin (Jump, 2001) and low concentrations of cholesterol in cells increase the amount of low density lipoprotein receptor and synthesis of cholesterol (Brown and Goldstein, 1997). Fatty acids are also regulators of gene expression in cells and type of fat in the diet, amount consumed, and duration of consumption can influence responses in cells by alteration of transcription factors (Jump and Clarke, 1999).

Insulin

Consumption of a meal and long term dietary treatments have minimal effects on plasma glucose in cattle (Yelich *et al.,* 1996; Vizcarra *et al.,* 1998). Although plasma concentration of glucose in cattle are extremely constant compared with monogastric animals, insulin regulates utilization of glucose by bovine cells.

There are receptors for insulin in the brain, pituitary gland (Lesniak *et al.,* 1988), and ovarian tissue (Poretsky and Kalin, 1987). Insulin stimulates release of GnRH from hypothalamic fragments in vitro when glucose is available (Arias *et al.,* 1992) and infusion of insulin into the cerebroventricles of nutritionally-restricted ewes increased LH secretion (Daniel *et al.,* 2000). Insulin also stimulates steroid production by bovine ovarian cells (Spicer and Echternkamp, 1995). Systemic treatment of cows with insulin may increase follicular development (Harrison and Randel, 1986) and estradiol production by large follicles (Simpson *et al.,* 1994).

The hypothalamus, unlike other areas in the central nervous system, expresses an insulin-dependent glucose transporter (Livingstone *et al.,* 1995). This may allow the hypothalamus to respond to increased concentrations of glucose in blood. During nutritionally-induced anestrus, cows become resistant to insulin (Richards *et al.,* 1989) and entry of glucose into hypothalamic cells may be reduced.

Early studies demonstrated that 2-deoxy-D-glucose, a glucose antagonist, induced anestrus and anovulation in cows (McClure *et al.,* 1978), and secretion of LH was reduced by treatment of ewes (Funston *et al.,*

1995b) and ram lambs (Bucholtz *et al.,* 1996) with 2-deoxy-D-glucose. Phlorizin-induced hypoglycemia prevented LH and insulin secretion after early weaning of beef cows (Rutter and Manns, 1987).

IGF-I

Insulin-like growth factor-I is produced by the liver and has effects on many cell types to regulate carbohydrate, fat, and protein metabolism. IGF-I is also produced by other tissues and can have autocrine and paracrine effects. Concentrations of IGF-I in blood of cattle are decreased during feed restriction (Richards *et al.,* 1991, 1995; Armstrong *et al.,* 1993) and concentrations of GH are increased (Bossis *et al.,* 1999). Restriction of protein and(or) energy intake reduces the increase in blood IGF-I that usually occurs in response to treatment with GH (Brier *et al.,* 1988, Ronge and Blum 1989, Armstrong *et al.,* 1993). The reduction in IGF-I in serum during nutrient restriction is associated with reduced binding of GH to hepatic membranes in restricted steers (Brier *et al.,* 1988). At least six high affinity IGF binding proteins (IGFBPs) in biological fluids can influence the functions of IGF-I (Jones and Clemmons, 1995). Degradation of IGFBPs by proteases also influences the biological activity of IGF-I (Maile and Holly, 1999).

Hypothalamic and other neural cells in rats have IGF type I receptors (Lesniak *et al.,* 1988; Hiney *et al.,* 1996) and IGF-I stimulated expression of the GnRH gene in neural cells (Longo *et al.,* 1998) and GnRH secretion (Anderson *et al.,* 1999). Body energy reserves are related to amounts of IGFBP in hypothalami of ewes (Snyder *et al.,* 1999).

Gene expression for type-1 IGF receptors and IGFBP-5 occur in the pars tuberalis and pars distalis of the ovine pituitary and are greater than expression for IGF-II, type-2 receptor and IGFBP-3 (Adam *et al.,* 2000). Treatment of ovine pituitary cells with IGF-I increases LH release (Adam *et al.,* 2000). IGFBP-2, -3, and -5 are present in bovine pituitary glands (Funston *et al.,* 1995) and the activity is associated with the stage of the estrous cycle (Roberts *et al.,* 2001).

Follicles synthesize IGF-I and systemic IGF-I could also influence ovarian function (Spicer and Echternkamp, 1995). Specifically, ovarian cell proliferation and steroidogenesis are stimulated by IGF-I (Spicer *et al.,* 1993; Spicer and Chamberlain , 1998). Steroidogenesis is stimulated by IGF-I binding to type I receptors on cells, and IGF-I is also bound to high affinity binding proteins in extracellular fluids. Concentrations of IGF-I in follicular fluid and its receptor in granulose cells of dominant and subordinate follicles are similar, however dominant follicles have less IGFBP activity than subordinate follicles (Stewart *et al.,* 1996; Yuan *et al.,* 1998). The decrease in intrafollicular concentrations of IGFBP during terminal development of follicles (Stewart *et al.,* 1996; de la Sota *et al.,* 1996; Funston *et al.,* 1996) may increase availability of IGF-I to follicular cells. Concentrations of IGFBP-4 may determine which follicle becomes dominant during selection in cattle (Mihm *et al.,* 2000). Increased energy intake resulted in reduced concentrations of mRNA for IGFBP-2 and -4 in small follicles of heifers (Armstrong *et al.,* 2001).

Nonesterified fatty acids

Adipose tissue of ruminants is metabolized and nonesterified fatty acids (NEFA) and glycerol are released and can be used as sources of energy during negative energy balance. Concentrations of NEFA in nutritionally-induced anovulation of heifers are maximal during anestrus, decrease dramatically during realimentation, and then gradually increase before resumption of ovulation (Bossis *et al.,* 1999, 2000). Plasma concentrations of NEFA do not appear to be directly involved in nutritional regulation of ovarian function in heifers. A direct effect of NEFA on the hypothalamus and/or pituitary gland has not been established in cattle and infusion of free fatty acids did not alter LH secretion in lambs (Estienne *et al.,* 1990).

Leptin

Concentrations of leptin in plasma are related to amounts of body fat in humans (Considine *et al.,* 1996; Ostlund *et al.,* 1996)

and rodents (Maffei *et al.,* 1995; Schneider *et al.,* 2000), but the relationship between plasma concentrations of leptin and body fat or BCS is not well established in ruminants. Nutrient intake influences amounts of mRNA for leptin in fat of cattle (Tsuchiya *et al.,* 1998; Amstalden *et al.,* 2000) and concentrations of leptin in plasma (Ehrhardt *et al.,* 2000). Concentrations of leptin in plasma of dairy cows are decreased by a negative energy balance (Block *et al.,* 2001). These effects of nutrition on plasma leptin increases the difficulty of determining the effect of body fat reserves on plasma leptin. Concentrations of leptin in plasma respond in 2 d to fasting (Amstalden *et al.,* 2000) or 4 d to reduced nutrient intake (Ciccioli *et al.,* 2003). Studies have determined positive correlations between body fat and plasma leptin in calves and dairy cows (Ehrhardt *et al.,* 2000) and ewes (Delavaud *et al.,* 2000; Thomas et a., 2001) but minimal numbers of animals were sampled and in the studies with calves and ewes amount of body fat was confounded with dietary intake. We have determined that concentrations of Leptin in the plasma of gestating cows is influenced by feed intake not by body condition score (Lents *et al.,* 2005).

Since the discovery of leptin, there is much interest as to its potential function as a signal to inform brain targets about body energy stores (Spicer, 2001; Smith *et al.,* 2002). Receptors for leptin have been identified in the brain (Dyer *et al.,* 1997) and pituitary (Iqbal *et al.,* 2000) of sheep, and feed restriction increases expression of leptin receptor in hypothalamic nuclei of ewes (Dyer *et al.,* 1997). Administration of leptin into the brain of sheep reduces feed intake and suppresses LH pulse frequency (Blache *et al.,* 2000; Morrison *et al.,* 2001). However, the effect of leptin on LH secretion can not be separated from the effect of leptin on feed intake. Fasting (Tsuchiya *et al.,* 1998) of cows or heifers (Amstalden *et al.,* 2000) for 48 h decreased leptin mRNA in adipose tissue and concentrations of leptin in plasma (Amstalden *et al.,* 2000) without altering concentration or amplitude of LH pulses. Central infusion of leptin did not influence pulsatile secretion of LH in well-fed ewes (Henry *et al.,* 1999) but prevented the fasting-induced decrease in LH pulse frequency in wethers. Exogenous leptin prevented the fasting induced suppression of plasma concentrations of LH in castrated rams treated with estradiol (Nagatani *et al.,* 2000) and LH secretion in fasted ovariectomized estradiol treated cows was increased by leptin treatment (Zieba *et al.,* 2002). Leptin has a direct inhibitory effect on the bovine ovary (Spicer and Francisco, 1997). Greater than adequate nutritional intake could result in abundant concentrations of leptin in plasma that could prevent the production of excessive amounts of estradiol by follicles (Spicer, 2001).

Nutrition and postpartum endocrine function

The influence of BCS at calving and postpartum nutrient intake on endocrine and ovarian functions was evaluated in Angus x Hereford primiparous cows (Ciccioli *et al.,* 2003). During the last third of gestation, cows were fed different amounts of protein supplement to produce cows with BCS of 4 or 5 at calving. At parturition, thin (BCS = 4.4 ± 0.1) and moderate (BCS 5.1 ± 0.1) cows were allotted to diets for gains of 0.45 kg/d (M; n=17) or 0.90 kg/d (H; n=17) for the first 70 d after calving. Cows on the H diet weighed about 45 kg more and had greater BCS than M cows after 63 d of treatment. Ovarian and reproductive functions were not influenced by BCS at calving. Duration of ovarian cycles before and after the first postpartum estrus were not influenced by BCS at calving or postpartum nutrient intake. Ninety percent of cows had short luteal phases before the first estrus and all cows had a normal luteal phase after the first estrus. The interval to first estrus and ovulation was shorter (P < 0.01; 100 ± 8 d) for H than M cows (120 ± 8 d). The size of the DF, determined by ultrasonography at 4 to 16 h after the onset of estrus (determined by HeatWatch), was larger (P < 0.01) for H (14.8 ± 0.3) than M cows (13.5 ± 0.3). Pregnancy rate from artificial insemination at 14 to 20 h after onset of first postpartum estrus was also greater (P < 0.03) for H (76%) than for M cows (58%).

Concentrations of glucose and insulin in plasma during the last three weeks of

nutritional treatment (weeks 8 to 10 post partum) and the three weeks after treatment when all cows received the same diet, were influenced by treatment x week ($P < 0.01$). During treatment, concentrations of glucose were 5 to 10 mg/dL greater in H than M cows. However by 2 wk after treatment, concentrations of glucose in plasma of H and M cows were not significantly different. Similarly, concentrations of insulin in plasma during treatment were 40 to 50% greater in H than M cows, but were not different 1 wk after cessation of the nutritional treatment.

Concentrations of IGF-I in plasma during the last three weeks of treatment and the first three weeks after treatment were influenced by treatment ($P < 0.01$). Cows on H treatment had greater plasma concentrations of IGF-I on week 2 and 3 before the end of treatment and on the first week after treatment. Effect of greater nutrient intake on IGF-I plasma decreased with time after treatment.

Leptin concentrations in plasma were 2.6-fold greater ($P < 0.01$) in H than M cows during the last three weeks of nutritional treatment. However, within 4 d after the end of nutritional treatment, concentrations of leptin in plasma were similar for M and H cows. At the end of treatment, H cows had about a 0.75 greater BCS than M cows. This indicates that leptin is associated with feed intake and not amount of body fat Concentrations of insulin, IGF-I and leptin were greater in H than M cows during nutritional treatment, but were not significantly different by 1 or 2 wk (approximately 90 d post partum) after the end of treatment. Ovulation and estrus occurred in most cows after the end of treatment; only 32% of H cows were in estrus by 80 d postpartum. Concentrations of insulin, IGF-I and leptin during 7 wk before the first postpartum estrus were not influenced by time. Changes in concentrations of these hormones and glucose and NEFA, occurred morethan 7 wk before ovulation. Similarily, when nutritionally-induced anovulatory heifers were realiminated, concentrations of glucose and insulin were similar in control ovulatory and realiminated anovulatory heifers during at least three weeks before ovulation of realiminated heifers (Bossis *et al.,* 2000). In realiminated heifers, concentrations of IGF-I and NEFA in plasma were greater at 3 wk before ovulation than during the consumption of the restricted diet, and concentrations continued to increase until ovulation.

The stable concentrations of insulin, IGF-I and leptin in plasma of primiparous cows during the seven weeks before the first postpartum estrus indicates that immediate changes in these constituents may not stimulate the first postpartum ovulation. These hormones could be metabolic signals by which nutrient intake and body fat stores regulate ovulation but have a delayed effect, a permissive role, and/or the effect could be mediated by alterations in binding proteins or specific receptors, so absolute changes in concentrations of hormones may not be necessary for the response to occur.

Nutrient intake, BCS and plasma Insulin and IGF-I

The roles of nutrient intake and BCS on concentrations of insulin and IGF-I in plasma of gestating cows were determined (Lents *et al.,* 2005). Commencing at 2 to 4 months of gestation, cows (n=73) were fed one of four diets for 109 d. High (H) cows received a 50% concentrate diet in a drylot, and moderate (M), low (L) and very low (VL) cows grazed native range pasture and received 2.5, 1.5 or 0.5 kg of a 42% CP supplement each day. After 109 d of treatment, all cows grazed a common pasture and received 1.5 kg of a 42% CP supplement daily. By 109 d of treatment, BCS were 6.7^{a}, 4.8^{bc}, 5.0^{b} and 4.7^{c} (Means without a common superscript differ; $P < 0.05$), for H, M, L and VL cows, respectively. On d 123, after cows were on the same diets for 14 d, BCS were 6.4^{a}, 4.8^{b}, 4.8^{b} and 4.5^{c} (Means without a common superscript differ; $P < 0.05$) for H, M, L and VL cows, respectively. Body condition scores of cows ranged from 4 to 7.5 on d 109 and 3.5 to 7.5 on d 123. The relationship between BCS and concentration of insulin in plasma on d 109, after cows had access to feed, was best fit by linear regression with $R^2=0.34$ ($P < 0.001$). However, concentrations of insulin in plasma after cows were fasted (no water and feed for 18 h) were not as strongly related

to BCS (R^2=0.10). On day 123 of the experiment, after cows were on the same diets for 14 d, concentration of insulin in plasma were not influenced by BCS after either feeding or fasting. These results indicate that concentrations of insulin in plasma of gestating cows are influenced by nutrient intake more than by BCS.

On day 109 of gestation the relationship between BCS and plasma concentrations of IGF-I were best fit by a quadratic equation (P < 0.001) with R^2=0.36 for samples collected after cows had access to feed, and R^2=0.27 (P < 0.001) after an 18 h fast. After all cows were on the same diet for 14 d (d 123) BCS had little influence on concentration of IGF-I in plasma samples after feeding (R^2=0.07) or after an 18 h fast (R^2=0.03). Similar to the relationship between BCS and concentrations of insulin in plasma, concentrations of IGF-I in plasma of gestating cows are influenced by nutrient intake more than by not BCS.

Nutritional effect on postpartum follicular growth

Mature Angus x Hereford cows were fed amounts of supplemental protein during the last 4 mo of pregnancy so they would have a BCS of 4 or 5 at calving (White *et al.,* 2008). Follicular growth was monitored by ultrasonography to measure growth of the DF between day 27 and 33 or day 47 to 53 post partum. When diameter of the DF increased less than 0.75 mm in 24 h, it was aspirated using a transvaginal ultrasound-guided needle. Concentrations of IGF-I, estradiol and IGFBPs were quantified in follicular fluid. Proestrus DF were aspirated from postpartum cows with normal estrous cycles at 48 h after treatment with prostaglandin $F_{2á}$. BCS at calving did not influence any of the postpartum follicular characteristics. Time of aspiration of DF was classified as either less than (short) or greater than 35 d (long) before the first estrus and ovulation. Follicles from short cows were aspirated an average of 42 d post partum and estrus and ovulation occurred about 55 d post partum. Follicles from long cows were aspirated about 39 d post partum and estrus and ovulation occurred about 85 d post partum. Diameters of the aspirated DF were similar (12.8 ± 0.6 mm) for short, long and proestrus follicles. Concentrations of IGF-I in follicular fluid were not influenced by estrus/ovulation classification and averaged 25.4 ± 3.6 ng/mL. Concentration of estradiol in the fluid from proestrus follicles was greater (435 ± 79 ng/mL) than concentration in follicles of short (95 ± 56 ng/mL) or long cows (72 ± 59 ng/mL). Amounts of IGFBP-3 and -4b were greater in the DF of short than long cows. In addition, the amounts of IGFBP-3 and -4b in short cows were similar to amounts in proestrus follicles. Amounts of IGFBP-2 and -4a were not different in follicles from short, long and proestrous cows. Follicular fluid concentrations of IGF-I were not different between DF and first subordinate follicles (Stewart *et al.,* 1996). Changes in amounts of IGFBP in follicles during several weeks before the first postpartum estrus and ovulation may result in similar total concentration of IGF-I within follicles, but may result in different biological effects on follicular growth and maturation.

Postpartum nutrient intake of primiparous beef cows influenced concentrations of IGF-I and insulin in plasma and in dominant DF, and may be related to follicular function (Rubio, 2005). Nutritionally induced changes in follicular fluid IGFBP may also induce changes in postpartum follicular growth. Postpartum protein intake and BCS of cows at calving influenced the size of the dominant follicle at the first postpartum estrus in mature suckled beef cows (Lents *et al.,* 2008). Concentrations of IGF-I in plasma, and pregnancy rate, were greater in the plasma of cows with greater BCS at calving. Cows that gained weight after calving had larger dominant follicles. Cows should be managed to calve in moderate BCS and maintain body weight after calving to decrease the interval to first estrus, increase follicular development, and maximize pregnancy rate.

Short term nutrient restriction does not have a major effect on mature cows. However, severe acute nutrient restriction of young beef heifers alters availability of metabolic fuels and reduces growth and size of the dominant follicle (Lents *et al.,* 2013). Frequency of LH pulses prior to luteolysis ares suppressed indicating that gonadotropic support of early follicle growth is compromised. Concentrations

of IGF-I are reduced and likely further limited size of the dominant follicle during restriction. These preovulatory events result in an absence of the ovulatory surge of LH leading to ovulatory failure in approximately 40 to 70% of heifers.

CONCLUSIONS

Body energy reserve at calving is the most important factor that influences the interval from parturition to the first estrus and ovulation in beef cows. Postpartum nutrient intake can modulate the duration of the postpartum anestrous interval, however, even if thin cows gain great amounts of weight after calving, ovulation occurs later than for cows that calve in good body condition and maintain body weight.

Decreased pulsatile secretion of GnRH is the major cause of reduced pulsatile secretion of LH and extended postpartum anovulatory intervals in beef cows (Figure 1). With inadequate secretion of LH, DF do not become estrogen active and secrete insufficient estradiol to induce an ovulatory surge of LH and estrus. Adequate nutrient intake results in increased concentration of insulin, IGF-I and leptin in plasma and increased body fat reserves. If fat stores are sufficient (BCS greater than 5) and nutrient intake is not adequate, mobilization of fat can occur and alter plasma concentrations of insulin, IGF-I and leptin. Secretion of growth hormone by the anterior pituitary stimulates synthesis of IGF-I by the liver except during inadequate nutrient intake when GH receptors on the liver are inadequate and the growth hormone-IGF-I system is disconnected. Under these circumstances, tissue-specific synthesis of IGF-I may have important autocrine or paracrine effects. A stimulatory role of leptin in control of GnRH secretion in cattle is not established, however, insulin and IGF-I may enhance GnRH secretion. Leptin, IGF-I and insulin may have direct effects on the pituitary to increase secretion of LH and on the ovary to regulate steroidogenesis.

Although concentrations of insulin, IGF-I and leptin in plasma are relatively constant during the 7 wk before the first postpartum estrus and ovulation, this does not mean they are not metabolic signals that regulate reproduction. The hormones could a) influence early follicular or oocyte development and have delayed effects, b) have a permissive role to facilitate the effect of other hormones or factors, or c) have effects that are modulated by amounts of binding proteins or specific receptors. It is probable that unidentified compounds produced by adipose tissue have stimulatory or inhibitory effects on hypothalamic, pituitary or ovarian function since adequate body energy reserves, as well as secretion of insulin and IGF-I, are a prerequisite for postpartum ovulation.

Suckling has an inhibitory effect on pulsatile GnRH secretion during the early postpartum period and in thin cows. If cows have adequate body energy reserves and nutrient intake, the suppressive effect of suckling on GnRH secretion is greatly diminished by 30 d post partum.

Both body fat reserves and nutrient intake regulate ovulation in beef cows. Effects of BCS and nutrient intake on concentrations of IGFBPs, as well as receptors for IGF-I and leptin, must be evaluated in the hypothalamus, pituitary and ovary to elucidate metabolic signals that control postpartum ovulation in beef cows.

IMPLICATIONS

The interval from calving to conception greatly influences profitability of beef production. Inadequate body fat stores at calving and reduced postpartum nutrient intake increase the interval from calving until ovulation. Suckling suppresses ovulation during the early postpartum period in cows with moderate body fat stores and the suppression is longer in thin cows. Restricted suckling or early weaning of calves can be used to improve reproductive efficiency in very thin cows. Insulin, IGF-I and leptin may be metabolic signals or permissive cues, however, other interactive factors must be involved. Determination of metabolic signals by which body energy stores and nutrient intake regulate the interval from calving to first ovulation will allow development of management strategies to increase pregnancy rates in beef cows.

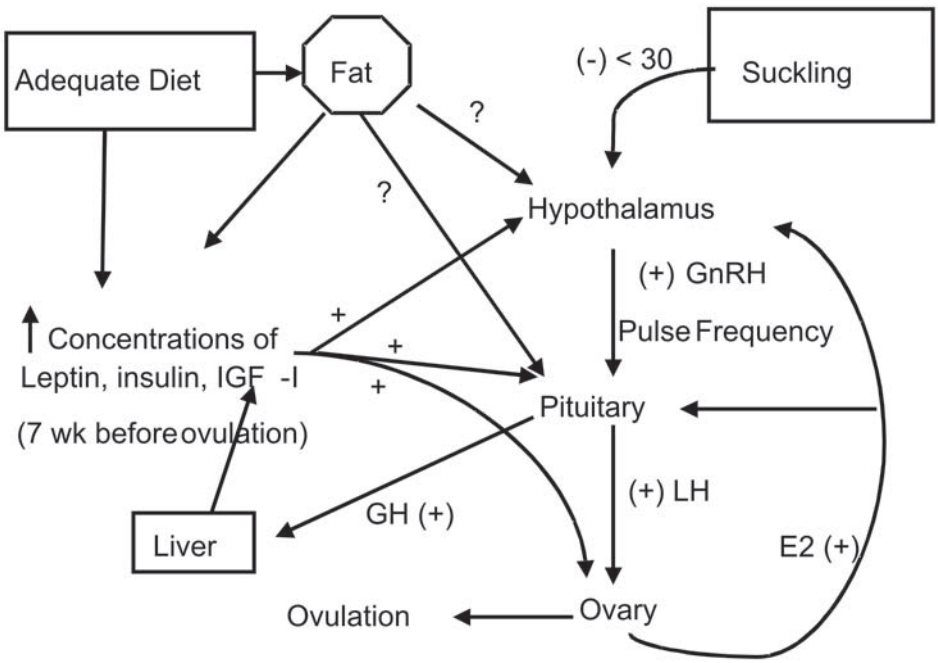


Figure 1. Control of reproductive function in postpartum beef cows.

LITERATURE CITED

ADAM, C.L., GADD, T. S.; FINDLAY, P.A.; WATHES, D.C. 2000. IGF-I stimulation of luteinizing hormone secretion, IGF-bindings proteins (IGFBPs) and expression of mRNAs for IGFs, IGF receptors and IGFBPs in the ovine pituitary gland. J. Endocrinol. 166:247-254.

AMSTALDEN, M., GARCIA, M.R.; STANKO, R.L.; NIZIELSKI, S.E.; MORRISON, C.D.; KEISLER, D.H.; WILLIAMS, G.L. 2002a. Central infusion of recombinant ovine leptin normalizes plasma insulin and stimulates a novel hypersecretion of luteinizing hormone after short-term fasting in mature beef cows. Biol. Reprod. 66:1555-1561.

AMSTALDEN, M.; GARCIA, M.R.; WILLIAMS, S.W.; STANKO, R.L.; NIZIELSKI, S.E.; MORRISON, C. D.;KEISLER, D.H.; WILLIAMS, G.L. 2000. Leptin gene expression, circulating leptin, and luteinizing hormone pulsatility are acutely responsive to short-term fasting in prepubertal heifers: Relationships to circulating insulin and insulin-like growth factor I. Biol. Reprod. 63:127-133.

AMSTALDEN, M.; ZIEBA, D.A.; GALLINO, J.L.; MORTON, S.; EDWARDS, J.F.; HARMS, P.G.; WELSH, T.H.; STANKO, R.L.; KEISLER, D.H.; WILLIAMS, G.L. 2002b. Leptin modulates basal secretion of LH and enhances gonadotroph responsiveness to GnRH in adenohypophyseal explants from fasted cows. Biol. Reprod. 66:281 (Abstr).

ANDERSON, R.A.; ZWAIN, I.H.; ARROYO, A.; MELLON, P.L.; YEN, S.C.S. 1999. The insulin-like growth factor system in the GT1-7 GnRH neuronal cell line. Neuroendocrinology 70:353-359.

ARIAS, P.; RODRIGUEZ, M.; SZWARCFARB, B.; SINAY, I.R.; MOGUILEVSKY, J.A. 1992. Effect of insulin on LHRH release by perifused hypothalamic fragments. Neuroendocrinology 56:415-418.

ARMSTRONG, D.G.; MCEVOY, T.G.; BAXTER, G.; ROBINSON, J.J.; HOGG, C.O.; WOAD, K.J.; WEBB, R.; SINCLAIR K.D. 2001. Effect of dietary energy and protein on bovine follicular dynamics and embryo production in vitro: associations with the ovarian insulin-like growth factor system. Biol. Reprod. 64:1624-1632.

ARMSTRONG, J.D.; COHICK, W.S.; HARVEY, R.W.; HEIMER, E.P.; CAMPBELL, R.M. 1993. Effect of feed restriction on serum somatotropin, insulin-like growth factor-I-(IGF-I) and IGF binding proteins in cyclic heifers actively immunized against growth hormone releasing factor. Domest. Anim. Endocrinol. 10:315-324.

BISHOP, D.K.; WETTEMANN R.P. 1993. Pulsatile infusion of gonadotropin-releasing hormone initiates luteal activity in nutritionally anestrous beef cows. J. Anim. Sci. 71:2714-2720.

BISHOP, D.K.; WETTEMANN, R.P.; SPICER, L.J. 1994. Body energy reserves influence the onset of luteal activity after early weaning of beef cows. J. Anim. Sci. 72:2703-2708.

BLACHE, D.; CELI, P.; BLACKBERRY, M.A.; DYNES, R.A.; MARTIN, G.B. 2000. Decrease in voluntary feed intake and pulsatile luteinizing hormone secretion after intracerebroventricular infusion of recombinant bovine leptin in mature male sheep. Reprod. Fertil. Dev. 12:373-381.

BLOCK, S.S.; BUTLER, W.R.; EHRHARDT, R.A.; BELL, A.W.; VAN AMBURGH, M.E.; Y. BOISCLAIR, R. 2001. Decreased concentration of plasma leptin in periparturient dairy cows is caused by negative energy balance. J. Endocrinol. 171:339-348.

BOSSIS, I.; WETTEMANN, R.P.; WELTY, S.D.; VIZCARRA, J.A.; SPICER, L.J. 2000. Nutritionally induced anovulation in beef heifers: ovarian and endocrine function during realimentation and resumption of ovulation. Biol. Reprod. 62:1436-1444.

BOSSIS, I.; WETTEMANN, R.P.; WELTY, S.D.; VIZCARRA, J.A.; SPICER, L.J.; DISKIN, M.G. 1999. Nutritionally induced anovulation in beef heifers: ovarian and endocrine function preceding cessation of ovulation. J. Anim. Sci. 77:1536-1546.

BRADEN, T.D.; MANNS, J.G.; CERMAK, D.L.; NETT, T.M.; NISWENDER, G.D. 1986. Follicular development following parturition and during the estrous cycle in beef cows. Theriogenology 25: 833-843.

BREUEL, K.F.; LEWIS, P.E. INSKEEP, E.K.; BUTCHER, R.L. 1993. Endocrine profiles and follicular development in early-weaned postpartum beef cows. J. Reprod. Fertil. 97:205-212.

BRIER, B.H.; GLUCKMAN, P.D.; BASS, J.J. 1988. Influence of nutritional status and estradiol-17b on plasma growth hormone, insulin-like growth factors-I and –II and the response to exogenous growth hormone in young steers. J. Endocrinol. 118:243-250.

BROWN, M.S.; GOLDSTEIN, J.L. 1997. The SREBP pathway: regulation of cholesterol metabolism by proteolysis of a membrane-bound transcription factor. Cell 89:331-340.

BUCHOLTZ, D.C.; VIDWANS, N.M.; HERBOSA, C.G.; SCHILLO, K.K.; FOSTER, D.L. 1996. Metabolic interfaces between growth and reproduction. V. Pulsatile luteinizing hormone secretion is dependent on glucose availability. Endocrinology 137:601-607.

CAMERON, J.L.; NOSBISCH, C. 1991. Suppression of pulsatile luteinizing hormone and testosterone secretion during short term food restriction in the adult male Rhesus monkey (Macaca mulatta). Endocrinology 128:1532-1540.

CAMPBELL, G.A., KURCZ, M.; MARSHALL, S.; MEITES, J. 1977. Effects of starvation in rats on serum levels of follicle stimulating hormone, luteinizing hormone, thyrotropin, growth hormone and prolactin; response to LH-releasing hormone and thyrotropin-releasing hormone. Endocrinology 100:580-587.

CICCIOLI, N.H.; WETTEMANN, R.P.; SPICER, L.J.; LENTS, C.A.; WHITE, F.J.; KEISLER, D.H. 2003. Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function and reproductive performance of primiparous beef cows. J. Anim. Sci.81:3107-3120.

CONNOR, H.C.; HOUGHTON, P.L.; LEMENAGER, R.P.; MALVEN, P.V.; PARFET, J.R.; MOSS, G.E. 1990. Effect of dietary energy, body condition and calf removal on pituitary gonadotropins, gonadotropin-releasing hormone (GnRH) and hypothalamic opioids in beef cows. Domest. Anim. Endocrinol. 7:403-411.

CONSIDINE, R.V.; SINHA, M.K.; HEIMAN, M.L.; KRIAUCIUNAS, A.; STEPHENS, T.W.; NYCE, M.R.; OHANNESIAN, J.P.; MARCO, C.C.; MCKEE, L.J.; BAUER, T.L.; CARO, J.F. 1996. Serum immunoreactive-leptin concentrations

in normal-weight and obese humans. N. Engl. J. Med. 334:292-295.

CONVEY, E. M.; TUCKER, H.A.; SHORT, R.E. 1983. Acute effect of suckling on gonadotropin, prolactin and glucocorticoid concentrations in serum of intact and ovariectomized beef cows. Theriogenology 20: 661-674.

COPELIN, J.P.; SMITH, M.F.; GARVERICK, H.A.; YOUNGQUIST, R.S. 1987. Effect of the uterus on subnormal luteal function in anestrous beef cows. J. Anim. Sci. 64:1506-1511.

CORAH, L.R.; QUEALY, A.P.; DUNN, T.G.; KALTENBACH, C.C. 1974. Prepartum and postpartum levels of progesterone and estradiol in beef heifers fed two levels of energy. J. Anim. Sci. 39:380-385.

DANIEL, J.A.; THOMAS, M.G.; HALE, C.S.; SIMMONS, J.M.; KEISLER, D.H. 2000. Effect of cerebroventricular infusion of insulin and (or) glucose on hypothalamic expression of leptin receptor and pituitary secretion of LH in diet-restricted ewes. Domest. Anim. Endocrinol. 18:177-185.

DE LA SOTA, R.L.; SIMMEN, F.A.; DIAZ, T.; THATCHER, W.W. 1996. Insulin-like growth factor system I bovine first-wave dominant and subordinate follicle. Biol. Reprod. 55:803-912.

DELAVAUD, C.; BOCQUIER, F.; CHILLIARD, Y.; KEISLER, D.H.; GERTLER, A.; KANN, G. 2000. Plasma leptin determination in ruminants: Effect of nutritional status and body fatness on plasma leptin concentration assessed by a specific RIA in sheep. J. Endocrinology 165:519-526.

DONALDSON, L.E.; BASSETT, J.M.; THORBURN, G.D. 1970. Pheripheral plasma progesterone concentration of cows during puberty, oestrous cycles, pregnancy and lactation, and the effects of undernutrition or exogenous oxytocin on progesterone concentration. J. Endocrinol. 48:599-614.

DUFFY, P.; CROWE, M.A.; BOLAND, M.P.; ROCHE, J.F. 2000. Effect of exogenous LH pulses on the fate of the first dominant follicle in postpartum beef cows nursing calves. J. Reprod. Fertil. 118:9-17.

DUNN, T.G.; KALTENBACH, C.C. 1980. Nutrition and postpartum interval of ewe, sow and cow. J. Anim. Sci. 51(Suppl.2):29-39.

DYER, C.J.; SIMMONS, J.M.; MATTERI, R.L.; KEISLER, D.H. 1997. Leptin receptor mRNA is expressed in ewe anterior pituitary and adipose tissues and is differentially expressed in hypothalamic regions of well-fed and feed-restricted ewes. Domest. Anim. Endocrinol. 14:119-128.

ECHTERNKAMP, S.E.; HANSEL, W. 1973. Concurrent changes in bovine plasma hormone levels prior to and during the first postpartum estrous cycle. J. Anim. Sci. 37:1362-1370.

EHRHARDT, R.A.; SLEPETIS, R.M.; SIEGAL-WILLOTT, J.; VAN AMBURGH, M.E.; BELL, A.W.; BOISCLAIR, Y.R. 2000. Development of a specific radioimmunoassay to measure physiological changes of circulating leptin in cattle and sheep. J. Endocrinol. 166:519-528.

ESTIENNE, M.J.; SCHILLO, K.K.; HILEMAN, S.M.; GREEN, M.A.; HAYES, S.H.; BOLING, J.A. 1990. Effects of free fatty acids on luteinizing hormone and growth hormone secretion in ovariectomized lambs. Endocrinology 126:1934-1940.

FUNSTON, R.N.; MOSS, G.E.; ROBERTS A.J, 1995a. Insulin-like growth factor-I (IGF-I) and IGF-binding proteins in bovine sera and pituitaries at different stages of the estrous cycle. Endocrinology 136:62-68.

FUNSTON, R.N., ROBERTS, A.J.; HIXON, D.L.; HALLFORD, D.M.; SANSON, D.W.; MOSS, G.E. 1995b. Effect of acute glucose antagonism on hypophyseal hormones and concentrations of insulin-like growth factor (IGF)-I and IGF-binding proteins in serum, anterior pituitary, and hypothalamus of ewes. Biol. Reprod. 52:1179-1186.

FUNSTON, R.N.; SEIDEL, G.E.; KLINDT, J.; ROBERTS, A.J. 1996. Insulin-like growth factor I and insulin-like growth factor-binding proteins in bovine serum and follicular fluid before and after the preovulatory surge of luteinizing hormone. Biol. Reprod. 55:1390-1396.

GARVERICK, H.A.; ZOLLERS, W.G.; SMITH, M.F. 1992. Mechanisms associated with corpus luteum lifespan in animals having

normal or subnormal luteal function. Anim. Reprod. Sci. 28:111-124.

GAZAL, O.S.; LESHIN, L.S.; STANKO, R.L.; THOMAS, M.G.; KEISLER, D.H.; ANDERSON, L.L.; WILLIAMS, G.L. 1998. Gonadotropin-releasing hormone secretion into third-ventricle cerebrospinal fluid in cattle: Correspondence with the tonic and surge release of luteinizing hormone and its tonic inhibition by suckling and Neuropeptide Y. Biol. Reprod. 59:676-683.

GINTHER, O.J.; KNOPF, L.; KASTELIC, J.P. 1989. Ovarian follicular dynamics in heifers during early pregnancy. Biol. Reprod. 41:247-254.

GINTHER, O.J.; KOT, K.; KULICK, L.J.; MARTIN, S.; WILTBANK, M.C.; 1996. Relationships between FSH and ovarian follicular waves during the last six months of pregnancy in cattle. J. Reprod. Fertil. 108:271-279.

GRAVES, W.E.; LAUDERDALE, J.W.; HAUSER, E.R.; CASIDA, L.E. 1968. Relation of postpartum interval to pituitary gonadotropins, ovarian follicular development and fertility of beef cows. Research Bulletin 270: Studies on the postpartum cow, University of Wisconsin, Madison, pp 23-26.

HARRISON, L.M.; RANDEL, R.D. 1986. Influence of insulin and energy intake on ovulation rate, luteinizing hormone and progesterone in beef heifers. J. Anim. Sci. 63:1228-1235.

HENRICKS, D.M.; DICKEY, J.F.; HILL, J.R.; JOHNSTON, W.E. 1972. Plasma estrogen and progesterone levels after mating, and during late pregnancy and postpartum in cows. Endocrinology 90:1336-1342.

HENRY, B.A.; GODING, J.W.; ALEXANDER, W.S.; TILBROOK, A.J.; CANNY, B.J.; DUNSHEA, F.; RAO, A.; MANSELL, A.; CLARKE, I.J. 1999. Central administration of leptin to ovariectomized ewes inhibits food intake without affecting the secretion of hormones from the pituitary gland: evidence for a dissociation of effects on appetite and neuroendocrine function. Endocrinology 140:1175-1182.

HINEY, J.K.; SRIVASTAVA, V.; NYBERG, C.L.; OJEDA, S.R.; DEES, W.L. 1996. Insulin-like growth factor I of peripheral origin acts centrally to accelerate the initiation of female puberty. Endocrinology 137:3717-3728.

HUMPHREY, W.D.; KALTENBACH, C.C.; DUNN, T.G.; KORITNIK, D.R.; NISWENDER, G.D. 1983. Characterization of hormonal patterns in the beef cow during postpartum anestrus. J. Anim. Sci. 56:445-453.

INGALLS, W.G.; CONVEY, E.M.; HAFS, H.D. 1973. Bovine serum LH, GH, and prolactin during late pregnancy, parturition and early lactation. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 143:161-164.

IQBAL, J., POMPOLO, S.; CONSIDINE, R.V.; CLARKE, I.J. 2000. Localization of leptin receptor-like immunoreactivity in the corticotropes, somatotropes, and gonadotropes in the ovine anterior pituitary. Endocrinology 141:1515-1520.

JONES, J.I.; CLEMMONS, D.R. 1995. Insulin-like growth factors and their binding proteins: biological actions. Endocr. Rev. 16:3-34.

JUMP, D.B. 2001. Nutrients as regulators of gene expression. Pages 32-37 in Scientific Advances in Animal Nutrition, Promise for the New Century. National Research Council.

JUMP, D.B.; CLARKE, S.D. 1999. Regulation of gene expression by dietary fat. Annu. Rev. Nutr. 19:63-90.

KESLER, D.J.; TROXEL, T.R.; HIXON, D.L. 1980. Effect of days postpartum and exogenous GnRH on reproductive hormone and ovarian changes in postpartum suckled beef cows. Theriogenology 13:287-295.

KHIREDDINE, B.; GRIMARD, B.; PONTER, A.A.; PONSART, C.; BOUDJENAH, H.; MIALOT, J.P.; SAUVANT, D.; HUMBLOT, P. 1998. Influence of flushing on LH secretion, follicular growth and the response to estrus synchronization treatment in suckled beef cows. Theriogenology 49:1409-1423.

LAMB, G.C.; MILLER, B.L.; LYNCH, J.M.; THOMPSON, K.E.; HELDT, J.S.; LOEST, C.A.; GRIEGER, D.M.;STEVENSON, J.S. 1999. Twice daily suckling but not milking with calf presence prolongs postpartum anovulation. J. Anim. Sci. 77:2207-2218.

LAUDERDALE, J.W. 1986. A review of patterns of change in luteal function. J. Anim. Sci. 62(Suppl. 2):79-91.

LENTS, C.A.; WETTEMANN, R.P.; WHITE, F.J.; RUBIO, I.; CICCIOLI, N.H.; SPICER, L.J.; KEISLER, D.H.; PAYTON, M.E. 2005. Influence of nutrient intake and body fat on concentrations of insulin-like growth factor_I, insulin, thyroxine, and leptin in plasma of gestating beef cows. J. Anim. Sci. 83:586-596.

LENTS, C.A.; WHITE, F.J.; CICCIOLI, N.H.; RUBIO, I.; KEISLER, D.H.; SPICER, L.J.; WETTEMANN, R.P. 2013. Metabolic status, gonadotropin secretion, and ovarian function during acute nutrient restriction of beef heifers. J.Anim. Sci. 91:(in press).

LENTS, C.A.; WHITE, F.J.; CICCIOLI, N.H.; WETTEMANN, R.P.; SPICER, L.J.; LALMAN, D.L. 2008. Effects of body condition score at parturition and postpartum protein supplementation on estrous behavior and size of the dominant follicle in beef cows. J. Anim. Sci. 86:2549-2556.

LENTS, C.A., WHITE, F.J.; LALMAN D.L.; WETTEMANN, R.P. 2000. The effects of body condition and protein supplementation of postpartum beef cows on estrous behavior and follicle size. J. Anim. Sci. (Suppl. 1)78:212.

LESNIAK, M.A.; HILL, J.M.; KIESS, W.; ROJESKI, M.; PERT, C.B.; ROTH, J. 1988. Receptors for insulin-like growth factors I and II: autoradiographic localization in rat brain and comparison to receptors for insulin. Endocrinology 123:2089-2099.

LIVINGSTONE, C.; LYALL, H.; GOULD, G.W. 1995. Hypothalamic GLUT 4 expression: a glucose- and insulin-sensing mechanism? Mol. Cell. Endocrinol. 107:67-70.

LONGO, K.M.; SUN, Y.; GORE, A.C. 1998. Insulin-like growth factor-I effects on gonadotropin-releasing hormone biosynthesis in GT1-7 cells. Endocrinology 139:1125-1132.

LOOPER, M.L.; LENTS, C.A.; VIZCARRA, J.A.; WETTEMANN, R.P. 1997. Evaluation of the effects of body condition on luteal activity and estrus in postpartum beef cows. J. Anim. Sci. 74(Suppl. 1) 74:223.

MACKEY, D.R.; WYLIE, A.R.; SREENAN, J.M.; ROCHE, J.F.; DISKIN, M.G. 2000. The effect of acute nutritional change on follicle wave turnover, gonadotropin, and steroid concentration in beef heifers. J. Anim. Sci. 78:429-442.

MAFFEI, M.; HALAAS, J.; RAVUSSIN, E.; PRATLEY, R.E.; LEE, G.H.; ZHANG Y.; FEI, H.; KIM, S.; LALLONE, R.; RANGANATHAN, S.; KERN, P.A.; FRIEDMAN, J.M. 1995. Leptin levels in human and rodent: measurement of plasma leptin and ob RNA in obese and weight-reduced subjects. Nat. Med. 1:1155-1161.

MAILE, L.A.; HOLLY, J.M.P. 1999. Insulin-like growth factor binding protein (IGFBP) proteolysis: occurrence, identification, role and regulation. Growth Horm. IGF Res. 9:85-95.

MCCLURE, T.J.; NANCARROW, C.D.; RADFORD, H.M. 1978. The effect of 2-deoxy-D-glucose on ovarian function of cattle. Aust. J. Biol. Sci. 31:183-186.

MCGUIRE, M.A.; BAUMAN, D.E.; DWYER, D.A.; COHICK, W.S. 1995. Nutritional modulation of the somatotropin/insulin-like growth factor system: response to feed deprivation in lactating cows. J. Nutr. 125:493-502.

MIHM, M., AUSTIN, E.J.; GOOD, T.E.; IRELAND, J.L.; KNIGHT, P.G.; ROCHE, J.R.; IRELAND, J.J. 2000. Identification of potential intrafollicular factors involved in selection of dominant follicles in heifers. Biol. Reprod. 63:811-819.

MORRISON, C.D.; DANIEL, J.A.; HOLMBERG, B.J.; DJIANE, J.; RAVER, N.; GERTLER, A.; KEISLER, D.H. 2001. Central infusion of leptin into well-fed and undernourished ewe lambs: effects on feed intake and serum concentrations of growth hormone and luteinizing hormone. J. Endocrinol. 168:317-324.

MOSS, G.E., PARFET, J.R.; MARVIN, C.A.; ALLRICH, R.D.; DIEKMAN, M.A. 1985. Pituitary concentrations of gonadotropins and receptors for GnRH in suckled beef cows at various intervals after calving. J. Anim. Sci. 60:285-293.

MURPHY, M.G.; BOLAND, M.P.; ROCHE, J.F. 1990. Pattern of follicular growth and resumption of ovarian activity in post-partum beef suckler cows. J. Reprod. Fertil. 90:523-533.

NAGATANI, S.; ZENG, Y.; KEISLER, D.H.; FOSTER, D.L.; JAFFE, C.A. 2000. Leptin regulates pulsatile luteinizing hormone and growth hormone secretion in the sheep. Endocrinology 141:3965-3975.

NETT, T.M.; CERMAK, D.; BRADEN, T.; MANNS, J.; NISWENDER, G.D. 1987. Pituitary receptors for GnRH and estradiol, and pituitary content of gonadotropins in beef cows. I. Changes during the estrous cycle. Domest. Anim. Endocrinol. 4:123-132.

NETT, T.M.; CERMAK, D.; BRADEN, T.; MANNS, J.; NISWENDER, G.D. 1988. Pituitary receptors for GnRH and estradiol, and pituitary content of gonadotropins in beef cows. II. Changes during the postpartum period. Domest. Anim. Endocrinol. 5:81-89.

NORTHEY, D.L.; FRENCH, L.R. 1980. Effect of embryo removal and intrauterine infusion of embryonic homogenates on the lifespan of the bovine corpus luteum. J. Anim. Sci. 50:298-302.

ODDE, K.G.; WARD, H.S.; KIRACOFE, G.H.; MCKEE, R.M.; KITTOK, R.J. 1980. Short estrous cycles and associated serum progesterone levels in beef cows. Theriogenology 14:105-112.

OJEDA, A.J.; WETTEMANN, R.P.; VIZCARRA, J.A.; OWENS, F.W. 1996. The effect of acute nutrient derivation on LH secretion and blood components in steers. J. Anim. Sci. 74(Suppl. 1):218 (Abstr.).

OSTLUND, R.E.J.; YANG, J.W.; KLEIN, S.; GINGERICH, R. 1996. Relation between plasma leptin concentration and body fat, gender, diet, age, and metabolic covariates. J. Clin. Endocrinol. Metab. 81:3909-3913.

PERRY, R.C.; CORAH, L.R.; COCHRAN, R.C.; BEAL, W.E.; STEVENSON, J.S.; MINTON, J.E.; SIMMS, D.D.; BRETHOUR, J.R. 1991. Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotropins, and first postpartum ovulation in suckled beef cows. J. Anim. Sci. 69:3762-3773.

PETERS, A.R.; LAMMING, G.E. 1984. Reproductive activity of the cow in the post-partum period. II. Endocrine patterns and induction of ovulation. Br. Vet. J. 140:269-280.

PETERS, A.R.; LAMMING, G.E.; FISHER, M.W. 1981. A comparison of plasma LH concentrations in milked and suckling post- partum cows. J. Reprod. Fertil. 62:567-573.

PORETSKY, L.; KALIN, M.F. 1987. The gonadotropic function of insulin. Endocr. Rev. 8:132-141.

RICHARDS, M.W.; SPICER, L.J.; WETTEMANN, R.P. 1995. Influence of diet and ambient temperature on bovine serum insulin-like growth factor-I and thyroxine: relationships with non-sterified fatty acids, glucose, insulin, luteinizing hormone and progesterone. Anim. Reprod. Sci. 37:267-279.

RICHARDS, M.W.; SPITZER, J.C.; WARNER, M.B. 1986. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. J. Anim. Sci. 62:300-306.

RICHARDS, M.W.; WETTEMANN, R.P.; SCHOENEMANN, H.M. 1989. Nutritional anestrus in beef cows: concentrations of glucose and nonsterified fatty acids in plasma and insulin in serum. J. Anim. Sci. 67:2354-2362.

RICHARDS, M.W.; WETTEMANN, R.P.; SPICER, L.J.; MORGAN, G.L. 1991. Nutritional anestrus in beef cows: effects of body condition and ovariectomy on serum luteinizing hormone and insulin-like growth factor-I. Biol. Reprod. 44:961-966.

ROBERSON, M.S.; WOLFE, M.W.; STUMPF, T.T.; KITTOCK, R.J.; KINDER, J.E. 1989. Luteinizing hormone secretion and corpus luteum in cows receiving two levels of progesterone. Biol. Reprod. 41:997-1003.

ROBERTS, A.J.; FUNSTON, R.N.; MOSS, G.E. 2001. Insulin-like growth factor binding proteins in the bovine anterior pituitary. Endocrine 14:399-406.

RUBIO, I. 2005. Effect of postpartum nutrition on the onset of ovarian activity of beef cows. Ph.D. Diss., Oklahoma State Univ., Stillwater.

RONGE, H.; BLUM, J. 1989. Insulin-like growth factor I response to recombinant bovine growth hormone during feed restriction in heifers. Acta. Endocrinol. 120:735-744.

RUTTER, L.M.; MANNS, J.G. 1987. Hypoglycemia alters pulsatile luteinizing hormone secretion in the postpartum beef cow. J. Anim. Sci. 64:479-488.

RUTTER, L.M.; MANNS, J.G. 1991. Insulin-like growth factor I in follicular development and function in postpartum beef cows. J. Anim. Sci. 69:1140-1146.

SAVIO, J.D.; BOLAND, M.P.; HYNES, N.; ROCHE, J.F. 1990. Resumption of follicular activity in the early post-partum period of dairy cows. J. Reprod. Fertil. 88:569-579.

SAVIO, J.D.; THATCHER, W.W.; BADINGA, L.; DE LA SOTA, R.L. AND WOLFENSON, D. 1993. Regulation of dominant follicle turnover during the oestrous cycle in cows. J. Reprod. Fertil. 97:197-203.

SCHALLENBERGER, E.; OERTERER, U.; HUTTERER, G. 1982. Neuroendocrine regulation of postpartum function. In: H. Karg and E. Schallenberger (Eds.). Factors influencing fertility in the postpartum cow. Curr. Topics Vet. Med. Anim. Sci. Vol. 20, pp 123-147. Martinus Nijhoff Publ., The Netherlands.

SCHAMS, D., BERISHA, B.; KOSMANN, M.; EINSPANIER, R.; AMSELGRUBER, W.M 1999. Possible role of growth hormone, IGFs, and IGF-binding proteins in the regulation of ovarian function in large farm animals. Domest. Anim. Endocrinol. 17:279-285.

SCHNEIDER, J.E.; BLUM, R.M.; WADE, G.N. 2000. Metabolic control of food intake and estrous cycles in syrian hamsters. I. Plasma insulin and leptin. Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol. 278:R476-R485.

SELK, G.E.; WETTEMANN, R.P.; LUSBY, K.S.; OLTJEN, J.W.; MOBLEY, S.L.; RASBY, R.J.; GARMENDIA, J.C. 1988. Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. J. Anim. Sci. 66:3153-3159.

SHORT, R.E.; BELLOWS, R.A.; MOODY, E.L.; HOWLAND, B.E. 1972. Effects of suckling and mastectomy on bovine postpartum reproduction. J. Anim. Sci. 34:70-74.

SHORT, R.E.; BELLOWS, R.A.; STAIGMILLER, R.B.; BERARDINELLI, J.G.; CUSTER, E.E. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. J. Anim. Sci. 68:799-816.

SILVEIRA, P.A.; SPOON, R.A.; WILLIAMS, G.L. 1993. Evidence for maternal behavior as a requisite link in suckling-mediated anovulation in cows. Biol. Reprod. 49:1338-1346.

SIMPSON, R.B.; CHASE JR, C.C.; SPICER, L.J.; VERNON, R.K.; HAMMOND, A.C.; RAE, D.O. 1994. Effect of exogenous insulin on plasma and follicular insulin-like growth factor I, insulin-like growth factor binding protein activity, follicular oestradiol and progesterone, and follicular growth in superovulated Angus and Brahman cows. J. Reprod. Fertil. 102:483-492.

SMITH, G.D.; JACKSON, L.M.; FOSTER, D.L. 2002. Leptin regulation of reproductive function and fertility. Theriogenology 57:73-86.

SMITH, V.G.; EDGERTON, L.A.; HAFS, H.D.; CONVEY, E.M. 1973. Bovine serum estrogens, progestins and glucocorticoids during late pregnancy, parturition and early lactation. J. Anim. Sci. 36:391-396.

SNYDER, J.L.; CLAPPER, J.A.; ROBERTS, A.J.; SANSON, D.W.; HAMERNIK, D.L.; MOSS, G.E. 1999. Insulin-like growth factor-I, insulin-like growth factor-binding proteins, and gonadotropins in the hypothalamic-pituitary axis and serum of nutrient-restricted ewes. Biol. Reprod. 61:219-224.

SPICER, L.J. 2001. Leptin: a possible metabolic signal affecting reproduction. Domest. Anim. Endocrinol. 21:251-270.

SPICER, L.J.; ALPIZAR, E.; ECHTERNKAMP, S.E. 1993. Effects of insulin, insulin-like growth factor-I, and gonadotropins on bovine granulosa cell proliferation, progesterone production, estradiol production, and(or) insulin-like growth factor I production in vitro. J. Anim. Sci. 71:1232-1241.

SPICER, L.J.; ECHTERNKAMP, S.E. 1995. The ovarian insulin and insulin-like growth factor system with an emphasis on domestic animals. Domest. Anim. Endocrinol. 12:223-245.

SPICER, L.J.; CHAMBERLAIN, C.S. 1998. Influence of cortisol and insulin- and insulin-like growth factor I (IGF-I)-induced steroid production and on IGF-I receptors in cultured bovine

granulosa cells and thecal cells. Endocrine 9:153-161.

SPICER, L.J.; ECHTERNKAMP, S.E.; CANNING, S.F.; HAMMOND, J.M. 1988. Relationship between concentrations of immunoreactive insulin-like growth factor-I in follicular fluid and various biochemical markers of differentiation in bovine antral follicles. Biol. Reprod. 39:573-580.

SPICER, L.J.; FRANCISCO, C.C. 1997. The adipose obese gene product, leptin: Evidence of a direct inhibitory role in ovarian function. Endocrinology 138:3374-3379.

SPICER, L.J.; LEUNG, K.; CONVEY, E.M.; GUNTHER, J.; SHORT, R.E.; TUCKER, H.A. 1986. Anovulation in postpartum suckled beef cows. I. Associations among size and numbers of ovarian follicles, uterine involution, and hormones in serum and follicular fluid. J. Anim. Sci. 62:734-741.

SPITZER, J.C.; MORRISON, D.G.; WETTEMANN, R.P.; FAULKNER. **L.C.**1995. Reproductive responses and calf birth and weaning weights as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. J. Anim. Sci. 73:1251-1257.

STAGG, K.; SPICER, L.J.; SREENAN, J.M.; ROCHE, J.F.; DISKIN, M.G. 1998. Effect of calf isolation on follicular wave dynamics, gonadotropin and metabolic hormone changes, and interval to first ovulation in beef cows fed either of two energy levels postpartum. Biol. Reprod. 59:777-783.

STAGG, K.; DISKIN, M.G.; SREENAN, J.M.; ROCHE, J.F. 1995. Follicular development in long-term anoestrous suckler beef cows fed two levels of energy postpartum. Anim. Reprod. Sci. 38:49-61.

STEVENSON, J.S., LAMB, G.C.; HOFFMANN, D.P.; MINTON, J.E. 1997. Interrelationships of lactating and postpartum anovulation in suckled and milked cows. Livestock Prod. Sci. 50:57-74.

STEWART, R.E., SPICER, L. J.; HAMILTON, T. D.; KEEFER, B. E.; DAWSON, L. J.; G. MORGAN, L.; ECHTERNKAMP, S. E.. 1996. Levels of insulin-like growth factor (IGF) binding proteins, luteinizing hormone and IGF-I receptors, and steroids in dominant follicles during the first follicular wave in cattle exhibiting regular estrous cycles. Endocrinology 137: 2842-2850.

STOCK, A.E.; FORTUNE, J.E. 1993. Ovarian follicular dominance in cattle: relationship between prolonged growth of the ovulatory follicle and endocrine parameters. Endocrinology 132: 1108-1114.

TERQUI, M.; CHUPIN, D.; GAUTHIER, D.; PEREZ, N.; PELOT, J.; MAULEON, P. 1982. Influence of management and nutrition on postpartum endocrine function and ovarian activity in cows. In: H. Karg and E. Schallenberger (Eds.). Factors influencing fertility in the postpartum cow. Curr. Topics Vet. Med. Anim. Sci. Vol. 20, pp 384-408.

THOMAS, L.; WALLACE, J.M.; AITKEN, R.P.; MERCER, J.G.; TRAYHURN, P.; HOGGARD, N. 2001. Circulating leptin during ovine pregnancy in relation to maternal nutrition, body composition and pregnancy outcome. J. Endocrinol. 169:465-476.

TSUCHIYA, T.; NAGAO, Y.; OZAWA, A.; MATSUMOTO, M.; SUGAHARA, K.; KUBO, T.; KATO, H. 1998. Decrease of the obese gene expression in bovine subcutaneous adipose tissue by fasting. Biosci. Biotechnol. Biochem. 62:2068-2069.

VIZCARRA, J.A.; WETTEMANN, R.P.; BRADEN, T.D.; TURZILLO, A.M.; NETT, T.M.1997. Effect of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) pulse frequency on serum and pituitary concentrations of luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone, GnRH receptors and messenger ribonucleic acid for gonadotropin subunits in cows. Endocrinology 138:594-601.

VIZCARRA, J.A.; WETTEMANN, R.P.; SPITZER, J.C.; MORRISON, D.G. 1998. Body condition at parturition and postpartum weight gain influence luteal activity and concentrations of glucose, insulin, and nonesterified fatty acids in plasma of primiparous beef cows. J. Anim. Sci. 76:927-936.

WAGNER, J.; JLUSBY, K.S.; OLTJEN, J.W.; RAKESTRAW, J.; WETTEMANN, R.P.; WALTERS, L.E. 1988. Carcass composition in mature Hereford cows: Estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. J. Anim. Sci. 66:603-612.

WALTERS, D.L.; KALTENBACH, C.C.; DUNN, T.G.; SHORT, R.E. 1982. Pituitary and ovarian function in postpartum beef cows. II. Induction of estrus, ovulation and luteal function with intermittent small-dose injections of GnRH. Biol. Reprod. 26:640-646.

WERTH, L.A.; WHITTIER, J.C.; AZZAM, S.M.; DEUTSCHER, G.H.; KINDER, J.E. 1996. Relationship between circulating progesterone and conception at the first postpartum estrus in young primiparous beef cows. J. Anim. Sci. 74:616-619.

WETTEMANN R.P.; BOSSIS, I. 2000. Nutritional regulation of ovarian function in beef cattle. J. Anim. Sci. Available at: http://www.asas.org/jas/symposia/proceedings/0934.pdf. Accessed 2000.

WETTEMANN, R.P.; BECK, T.W.; TURMAN, E.J.; HINTZ, R.L. 1982. Endocrine response of postpartum anestrous beef cows to GnRH or PMSG. Theriogenology 18:599-613.

WETTEMANN, R.P. 1980. Postpartum endocrine function of cattle, sheep and swine. J. Anim. Sci. 51(Suppl. 2):2-14.

WHITE, F.J.; RUBIO, I.; LENTS, C.A.; CICCIOLI, N.H.; WETTEMANN, R.P.; SPICER, L.J. 2008. Effect of days after calving on insulin-like growth factor-I, insulin-like growth factor binding proteins, progesterone, androstenedione, estradiol, and aromatase mRNA in dominant follicles of postpartum beef cows. Anim. Reprod. Sci. 108:364-374.

WILLIAMS, G.L. 1990. Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: a review. J. Anim. Sci. 68:831-852.

WILTBANK, J.N., ROWDEN, W.W.; INGALLS, J.E.; GREGORY, K.E.; KOCH, R.M. 1962. Effect of energy level on reproductive performance phenomena on mature Hereford cows. J. Anim. Sci. 21:219-225.

YELICH, J.V.; WETTEMANN, R.P.; MARSTON, T.T.; SPICER, L.J. 1996. Luteinizing hormone, growth hormone, insulin-like growth factor-I, insulin and metabolites before puberty in heifers fed to gain at two rates. Domest. Anim. Endocrinol. 13:325-338.

YOSHIOKA, K.; SUZUKI, C.; ARAI, S.; IWAMURA, S.; HIROSE, H. 2001. Gonadotropin-releasing hormone in third ventricular cerebrospinal fluid of the heifer during the estrous cycle. Biol. Reprod. 64:563-570.

YUAN, W.; BAO, B.; GARVERICK, H.A.; YOUNGQUIST, R.S.; LUCY, M.C. 1998. Follicular dominance in cattle is associated with divergent patterns of ovarian gene expression for insulin-like growth factor (IGF)-I, IGF-II, and IGF binding protein-2 in dominant and subordinate follicles. Domest. Anim. Endocrinol. 15:55-63.

ZIEBA, D.A.; AMSTALDEN, M.; MACIEL, M.N.; KEISLER, D.H.; RAVER, N.; GERTLER, A.; WILLIAMS, G.L. 2002. Dose-related effects of recombinant ovine leptin on luteinizing hormone secretion after short-term fasting in cows. Biol. Reprod. 66:281 (Abstr).

ZHOU, J.; KUMAR, T.R.; MATZUK, M.M.; BONDY, C. 1997. Insulin-like growth factor I regulates gonadotropin responsiveness in the murine ovary. Mol. Endocrinol.11:1924-1933.

Impreso en Editorial Hemisferio Sur S.R.L.
Buenos Aires 335
Montevideo - Uruguay

Depósito Legal 361-690/13