

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**PERFILES ENDOCRINO-METABÓLICOS EN VACAS PRIMÍPARAS DE CARNE
SOMETIDAS A DESTETE TEMPORARIO Y FLUSHING**

Por

Eliana BARBOZA DE LIMA

TESIS DE GRADO presentada como uno de
los requisitos para obtener el título de Doctor
en Ciencias Veterinarias
Orientación: Producción Animal

MODALIDAD: Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2013**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de Grado aprobada por:

Presidente de Mesa:

Dra. Carolina Viñoles

Segundo Miembro (Tutor):

Dra. Gretel Ruprechter

Tercer Miembro:

Ing.Agr. Andrea Álvarez

Cuarto Miembro (Co- Tutor):

Ing. Agr. Pablo Soca

Fecha: 06/09/2013

Autor:

Eliana Barboza de Lima

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Gretel Ruprechter por su tutoría, apoyo, buena disposición y total dedicación en este trabajo.

Al Ing. Agr. Pablo Soca por su co-tutoría y creación del trabajo experimental.

A la Dra. Ana Meikle por su colaboración y orientación.

Al personal del Laboratorio de Técnicas Nucleares de la Facultad de Veterinaria por su ayuda durante el trabajo experimental.

A mis familiares y pareja por su apoyo incondicional y por su confianza durante toda la carrera.

A los amigos y compañeros por la ayuda y compañía en estos años de estudio.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	7
SUMARY.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
1) Estado de situación de la cría en Uruguay.....	11
2) Bases endocrinas del anestro posparto y la ciclicidad posparto: efectos del balance energético y el amamantamiento.....	12
3) Indicadores del balance energético y sus efectos sobre el eje reproductivo.....	13
4) Tecnologías de manejo para acortar el anestro posparto.....	15
4.1 Manejo de las reservas energéticas.....	15
4.2 Suplementación.....	16
4.3 Control del amamantamiento.....	18
HIPÓTESIS.....	20
OBJETIVOS.....	20
Generales.....	20
Específicos.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
Animales y Diseño experimental	21
Tratamientos.....	21

Determinaciones en los animales.....	22
Análisis Estadístico.....	23
RESULTADOS.....	24
1) Condición corporal.....	24
2) Concentración de metabolitos y hormonas.....	25
3) Reinicio de la ciclicidad ovárica posparto.....	28
DISCUSIÓN.....	29
CONCLUSIONES.....	34
BIBLIOGRAFÍA.....	35

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

	Página
Figura 1. Representación esquemática del ensayo	22
Figura 2. Evolución de la CC durante y después del tratamiento de destete y flushing en vacas con CCP moderada (≥ 4 ; n=27) y baja ($\leq 3,5$; n=29).	24
Figura 3. Concentración de BHB (A) y urea (B) durante y después del tratamiento de destete y flushing para vacas con CCP moderada (≤ 4 ; n=27) y baja ($\leq 3,5$; n=29).	26
Figura 4. Concentración de Colesterol (A y B), Insulina (C y D) e IGF-I (E y F) durante y después del tratamiento de destete y flushing para vacas con CCP moderada (≤ 4 ; n=27) y CCP baja ($\leq 3,5$; n=29).	27
Tabla 1. Test F de los efectos fijos incluidos en el modelo para CC en vacas de carne primíparas en condiciones de pastoreo.	24
Tabla 2. Test F de los efectos incluidos en el modelo para metabolitos y hormonas en vacas de primíparas en condiciones de pastoreo.	25
Tabla 3. Efecto del tipo de destete, Flushing y la CCP en la duración del anestro posparto.	28

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de la condición corporal al parto (CCP), el tipo de destete y flushing en el perfil endocrino-metabólico y el reinicio de la ciclicidad ovárica en vacas de carne primíparas sobre campo natural. Las vacas (n=56) se encontraban en anestro, y fueron asignadas al azar a cuatro tratamientos en un arreglo factorial 2 x 2 de tipo de destete y flushing. Además fueron clasificadas según la CCP en, moderada (≥ 4) y baja ($\leq 3,5$) (escala visual 1-8). El destete comenzó a los 45-65 días posparto (día 0 = inicio del tratamiento) y consistió en la aplicación de tablilla nasal a los terneros durante 12 días (TN) o 5 días de aislamiento del ternero seguido de la aplicación de tablilla nasal a los terneros durante 7 días cuando fueron reunidos con sus madres (S+TN). Inmediatamente después de finalizado el destete, cada vaca recibió (grupo flushing) o no (grupo control) 2 kg/día (base fresca) de afrechillo de arroz durante 22 días. La CC se registró cada 20 días, durante el experimento y se determinó en plasma β -hidroxibutirato (BHB), urea y colesterol por espectrofotometría, insulina y el factor de crecimiento similar a la insulina tipo I (IGF-I) en plasma por ensayo inmunoradiométrico (IRMA). La CC fue superior en vacas de CCP moderada durante el experimento ($P < 0,01$). El tipo de destete no afectó a ningún parámetro en plasma, pero se evidenció un aumento en las concentraciones de IGF-I y disminución en las concentraciones de BHB y urea en todas las vacas durante el destete. La concentración de colesterol fue afectada por la interacción flushing (F)*días ($P < 0,01$), mientras que, las concentraciones de insulina y de IGF-I fueron afectadas por la interacción entre la CCP*F*días ($P < 0,05$). El flushing aumentó la concentración de colesterol en vacas CCP moderada y baja, mientras que las concentraciones de insulina y de IGF-I aumentaron durante el flushing sólo en vacas CCP moderada. Las vacas CCP moderada tuvieron un anestro posparto más corto (94 vs 119 días posparto; $P = 0,01$) respecto a vacas CCP baja. El tratamiento S + TN presentó una reducción del anestro posparto comparado con el tratamiento TN (97 vs 115 días posparto; $P = 0,01$). Una mayor CCP mejoró la respuesta del flushing incrementando las concentraciones de insulina y de IGF-I y se reflejó en un anestro posparto más corto.

SUMMARY

The aim of this study was to analyze the effect of body condition at calving (BCS at calving), the type of weaning and flushing in the endocrine-metabolic profile and restarting of the ovarian cyclicity in primiparous beef cows on natural field. Cows (n = 56) were in anestrus, and were randomly assigned to four treatments in a 2 x 2 weaning and flushing type factorial arrangement. They were also classified according to BCS at calving in, moderate (≥ 4) and low (≤ 3.5) cows (visual scale 1-8). Weaning started at 45-65 days postpartum (day 0 = initiation of the treatment) and consisted of applying nose plates to calves for 12 days (TN) or 5 days of isolation of calf followed by applying nose plates to calves for 7 days as calves were reunited with their mothers (S + TN). Immediately after completion of weaning, each cow received (flushing group) or not (control group) 2 kg / day (fresh basis) of whole rice for 22 days. BCS was recorded every 20 days during the experiment and it was determined in plasma β -hydroxybutyrate (BHB), urea and cholesterol spectrophotometry, insulin and insulin-like growth factor I (IGF-I) by immunoradiometric assay. The BCS was higher in moderate BCS cows during the experiment ($P < 0.01$). The type of weaning did not affect any plasma parameter, but there was an increase in the concentrations of IGF-I and a decrease in the concentrations of urea and BHB in all cows during weaning. Cholesterol concentration was affected by the interaction flushing (F)*days ($P < 0.01$), whereas insulin and IGF-I concentrations were affected by the interaction between BCS at calving*F*days ($P < 0.05$). Flushing increased cholesterol concentration in both moderate and low BCS cows, while, insulin and IGF-I concentrations increased during flushing only in moderate BCS at calving cows. Moderate BCS at calving had a shorter postpartum anestrus (94 vs 119 days postpartum; $P = 0.01$) than low BCS cows. Weaning treatment with calf separation showed a reduction in postpartum anestrus compared to treatment with nose plates (97 vs 115 days postpartum; $P = 0.01$). Greater BCS at calving improved flushing response by increasing the concentrations of insulin and IGF-I and is reflected in a shorter postpartum anestrus.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de cría en ganado de carne el aspecto fundamental para el éxito económico y productivo es la eficiencia reproductiva, es decir la obtención de un ternero/vaca/año. Dicha eficiencia se ve afectada debido al pobre estado nutricional de las vacas al parto e inicio de entore que determina un largo período de anestro posparto y baja probabilidad de preñez (Orcasberro, 1991). Se han reportado períodos de anestro posparto mayores a 120 días en vacas primíparas (Quintans y Vázquez, 2002).

El estado nutricional es evaluado a través de la condición corporal (CC), el cual refleja las reservas corporales disponibles para el metabolismo, crecimiento y lactación (Wright y col., 1987). El peso y la CC son importantes indicadores del estado energético y de la performance reproductiva posparto en vacas de cría (Randel, 1990). La CC al parto está altamente correlacionada con la duración del anestro, los porcentajes de preñez al siguiente servicio, el desarrollo folicular en el posparto temprano y con la pulsatilidad de la hormona luteinizante (LH) (Yavas y Walton, 2000). Se recomienda una CC mínima de 4 en vacas multíparas y 4,5 en vacas primíparas al parto (escala de 8 puntos por apreciación visual, Vizcarra y col., 1986) (Orscaberro, 1991).

El desempeño reproductivo está afectado por las hormonas (factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-I) e insulina) y metabolitos sanguíneos tales como ácidos grasos no esterificados (AGNE), β -hidroxibutirato (BHB), albumina, urea, colesterol, entre otros. Estos informan al eje hipotálamo-hipófisis el estado energético del organismo, actuando sobre la secreción de la hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH) y LH y directamente en la función ovárica (folículos y cuerpo lúteo), así como sobre el ovocito, oviducto y útero. La menor concentración de hormonas teóricamente reduce la respuesta ovárica a la LH creando una insensibilidad gonadotrófica en el ovario. Los niveles circulantes de IGF-I en el periparto son buenos indicadores de la capacidad del retorno a la ciclicidad ovárica (Roberts y col., 1997). Flores y col., (2008) determinaron que vacas con mejor CC tuvieron una mayor concentración de IGF-I. La insulina juega un rol central en el control homeostático y su concentración está relacionada positivamente con la ingesta de energía (Chilliard y col., 1998). Por otro lado Gestido y col., (2008) mencionaron que existe relación entre los metabolitos sanguíneos durante el pre y posparto y la condición corporal al parto y a su vez con la probabilidad de reinicio de la actividad reproductiva. Durante el pre y posparto temprano se produce una importante movilización grasa que se acompaña de una pronunciada elevación de AGNE. Este aumento de los AGNE puede ser seguido de un aumento de BHB el cual refleja déficit energético producido en esta etapa del ciclo reproductivo. En vacas primíparas donde el balance de energía posparto es más negativo debido a los requerimientos de crecimiento (Grimard y col., 1995), se presentan superiores pérdidas de CC, mayores concentraciones circulantes de AGNE y BHB que indican un estado energético más deficiente y catabólico que las multíparas (Meikle y col., 2004).

La urea plasmática está relacionada directamente con la composición proteica de la ración y relación energía/proteína de la dieta (Witwer, 1996). Las concentraciones de colesterol aumentan durante el posparto como consecuencia de la disminución en los requerimientos de nutrientes y de una normalización del metabolismo energético de las vacas (Ndlovu y col., 2007).

La respuesta reproductiva al control del amamantamiento está estrechamente relacionada con la CC de la vaca. Loundon y col., (1987) propuso que los efectos inhibitorios del amamantamiento y la subnutrición energética interactúan y Short y col., (1990) establecieron que el amamantamiento prolonga el anestro posparto y que el efecto es de mayor magnitud en vacas primíparas con pobre CC. La vaca primípara presenta períodos de anestro posparto de entre 1-4 semanas más prolongados (Yavas y Walton, 2000) y como consecuencia menores porcentajes de preñez al segundo entore, con menor pulsatilidad de LH durante el posparto siendo una categoría crítica ya que aún no se ha completado el desarrollo corporal el cual le insume demandas metabólicas extra (de Castro, 2002). La presencia del ternero durante el posparto suprime la GnRH inducido por la liberación de péptidos opioides endógenos. Estos actuarían directamente sobre las neuronas liberadoras de GnRH inhibiéndolas, así como en la hipófisis anterior inhibiendo la liberación de la LH (Yavas y Walton, 2000). Por lo tanto, al realizar el destete temporario (colocación de tablilla nasal plástico o metal al ternero durante 11 a 14 días) se elimina el efecto inhibitorio que la succión del ternero provoca a nivel central, aumenta la respuesta de la hipófisis a la GnRH por lo que ocurre un incremento en las concentraciones de LH y consecuentemente de estradiol (de Castro, 2002). De esta forma el destete temporario provocaría cambios metabólicos asociados a la disminución en la producción de leche, disminuyendo los requerimientos de mantenimiento y contribuyendo al re direccionamiento de nutrientes con destino a la reproducción (Short y col., 1990). Además se ha reportado que el destete temporario depende de varios factores, tales como el momento de la lactancia en que se aplica, la duración en días y del estado corporal de la vaca.

La suplementación de larga duración con grasas aumenta las concentraciones circulantes de colesterol, precursor de la progesterona, y por ende la progesterona en sangre (Staples y col., 1998), además disminuye el intervalo parto-reinicio de la actividad ovárica (Williams y Stanko 1999). El aumento en los niveles de colesterol puede aumentar la esteroidogénesis (Wehrman y col., 1991; Beam y Butler, 1997) y provoca cambios en la dinámica de las hormonas metabólicas como IGF-I (Thomas y col., 1997) e insulina (Lammoglia y col., 1996). Los trabajos a nivel nacional se han focalizado a la suplementación de corta duración, ya que la suplementación de larga duración para la cría en nuestras condiciones no sería económicamente viable.

Mediante el uso de herramientas como el destete temporario y la suplementación de corta duración se lograría un restablecimiento del balance energético y un consecuente efecto positivo en la reducción del anestro posparto.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1) Estado de situación de la cría en Uruguay

La ganadería es para el Uruguay uno de los principales rubros productivos debido al peso que su principal producto, la carne, tiene en las exportaciones, al área que ocupa dentro del territorio nacional, a la cantidad de productores involucrados y el número de trabajadores que dependen de esta actividad. Aproximadamente la mitad de la producción es exportada y la otra mitad se consume internamente. Según la Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA 2012) en los últimos años hubo un progreso en la reducción en la edad de faena hasta el año 2008 a partir de ese año comienza a crecer nuevamente la proporción de novillos de dentición completa. En el año 2011 los novillos jóvenes (dentición incompleta) constituyeron un 65 % de la faena total de la categoría cuando en el 2008 habían alcanzado el 73 %. La tasa de extracción media en cabezas en el período 2010/2011 fue de un 21 %, similar al promedio en los últimos 5 años (21,3 %), y levemente por encima del promedio en los últimos 10 años (19 %). Con respecto al precio de terneros y novillos en pie para faena tuvieron un incremento en más de 40 %.

La cría vacuna en el Uruguay se destaca por su importancia económica y social. La superficie dedicada a la cría involucra un 49 % de los 14.7 millones de háts de la superficie total ganadera. La mayoría de las explotaciones agropecuarias se orientan de manera especializada a la cría (53 %) (DIEA 2012). El valor de su principal producto, los terneros, supera los 200 millones por año, según DIEA 2010 el valor fue de más de 750 millones de dólares.

La cría se desarrolla principalmente sobre campo natural. Esto hace que el sistema de producción este muy influenciado por las fluctuaciones climáticas las que repercuten directamente sobre la producción de pasturas nativas, y por ende en el aporte de nutrientes a la vaca. Esto se ve reflejado en un pobre estado nutricional de las vacas al parto e inicio del entore, determinando un largo período de anestro posparto: 92 días en promedio en vacas adultas y mayores a 120 días en vacas primíparas (Quintans y col., 2004, Quintans y Vázquez, 2002) y una baja probabilidad de preñez (Orcasberro, 1991). Es así que, durante las últimas tres décadas, la tasa de destete (terneros destetados / vaca entorada) del rodeo nacional se ha mantenido en 64 % (DIEA, 2012). La estructura productiva de carne debe acortar sus ciclos y aumentar la eficiencia para lograr una mayor extracción de animales. Un punto crítico para estos cambios es la eficiencia reproductiva de los rodeos, la cual está limitando las posibilidades de extracción. El efecto del amamantamiento sería otro factor importante que influye en el largo anestro posparto.

2) Bases endocrinas del anestro y la ciclicidad posparto: efectos del balance energético y el amamantamiento

El anestro posparto está referido al intervalo entre el parto y el primer estro significa ausencia de comportamiento estral, sin embargo puede darse que exista actividad ovárica sin manifestación del celo (ovulaciones silenciosas) durante el mismo (Short y col., 1990). El desarrollo folicular se continúa luego del parto, durante este período la hormona folículo estimulante (FSH) necesaria para el crecimiento folicular, no es limitante. A partir de los 4 días posparto ya se observan aumentos de FSH (Schallenberger, 1985), iniciando la emergencia de la primera onda folicular, que junto con un patrón de pulsatilidad de secreción de LH que si está caracterizado por su alta frecuencia y baja amplitud estimula el desarrollo del primer folículo dominante. Sin embargo para que la ovulación tenga lugar, el folículo dominante debe estar expuesto a la correcta frecuencia de pulsos de LH (Roche y col., 1992). La inadecuada frecuencia de pulsos de LH resulta a nivel del ovario en una baja producción de andrógenos por las células tecales y consecuente las células de la granulosa producen una baja cantidad de estrógenos. Al no alcanzar los estrógenos los niveles críticos que desencadenan el pico preovulatorio de LH, el folículo dominante comienza a regresar, dando lugar al crecimiento de una nueva onda folicular (Bo y Caccia, 2002). La ovulación del folículo dominante ocurrirá cuando este es expuesto a una adecuada frecuencia de pulsos de LH (un pulso/hora) (Schallenberger, 1985; Duffy y col., 2000). Con esta alta frecuencia de LH se estimula una máxima producción de estradiol, que por retroalimentación positiva sobre el hipotálamo desencadena el pico preovulatorio de LH y FSH (Bo y Caccia, 2002).

La frecuencia de pulsos de LH puede estar afectada por el balance de energía, la condición corporal, el estímulo de succión y presencia de un ternero propio o extraño (Crowe y col., 1993). El balance de energía es una relación entre la energía ingerida y la energía requerida para las funciones fisiológicas (Butler y Smith 1989). En vacas de carne a pesar de tener una relativa baja producción de leche (<8 litros /d), existe un período de balance energético negativo (BEN) relacionado con un consumo insuficiente de energía para satisfacer las demandas de la lactación, situación muy común en las condiciones de producción de la cría vacuna en el Uruguay.

En períodos de BEN posparto el ciclo estral no comienza, debido a la prioridad de la lactación y reservas básicas (Short y col., 1990). Al inicio de la lactancia el flujo de nutrientes esta direccionado hacia la glándula mamaria, sobre la base de una reorganización hormonal que cambia las rutas metabólicas para mantener las nuevas prioridades fisiológicas, a expensas de otras funciones (Bauman y Curie, 1980). Esta reorganización metabólica depende del eje somatotrófico: hormona del crecimiento (GH), IGF-I y de la insulina. Después del parto la GH se encuentra aumentada, la cual estimula la gluconeogénesis, y aumenta la lipólisis. Como resultado se eleva la concentración sanguínea de AGNE, los cuales serán oxidados en el hígado pudiendo formar BHB o pueden ser incorporados directamente a la grasa de la leche o para ser utilizados por los tejidos periféricos.

A pesar de las bajas concentraciones de insulina esta ejerce un efecto lipogénico en la glándula mamaria, favoreciendo la captación de aminoácidos y de glucosa (Cirio y Tebot, 2004). Como respuesta más común para cubrir el déficit energético, mediante procesos de lipólisis y de degradación proteica se experimenta pérdida de CC (Bauman y Curie, 1980; Houghton y col., 1990; Sinclair y col., 2002). El déficit de energía es registrado por los núcleos nerviosos y la actividad de liberación de GnRH es bloqueada para permitir una distribución mejor de la escasa energía que posee el animal (River y Rivest 1991). La transición de un BEN a uno positivo está asociada al incremento en la frecuencia de pulsos de LH, lo cual sugiere que la secreción pulsátil de LH puede ser inhibida hasta tanto no se alcance el valor más bajo de balance energético, denominado como “nadir” (Canfield y Butler 1991). El tiempo transcurrido entre el parto y el restablecimiento del balance energético positivo se afecta por la cantidad de reservas de tejido graso y la eficiencia con la cual se movilizan. Las vacas con mejor CC reanudan más temprano el ciclo estral posparto (Bishop y col., 1994).

Por otro lado, el amamantamiento es un factor inhibitorio en el retorno de la actividad ovárica posparto (Short y col., 1990; Williams, 1990). El amamantamiento y/o vínculo materno-filial retarda el reinicio de la actividad cíclica al retrasar la liberación de GnRH y consecuentemente la de LH. El vínculo materno-filial, o sensaciones olfatorias y visuales hacia el ternero propio inducen a la liberación de péptidos opioides endógenos los cuales actuarían directamente sobre las neuronas liberadoras de GnRH (Yavas y Walton, 2000)

3) Indicadores del balance energético y sus efectos sobre el eje reproductivo

Varios autores han implicado determinadas señales metabólicas como componentes específicos en el control reproductivo (Hoffman y col., 1996; Stagg y col., 1998; Sinclair y col., 2002; Wettemann y col., 2003; Flores y col., 2008). Estas señales son -entre otras- las hormonas como la insulina, IGF-I y metabolitos sanguíneos como el AGNE, BHB, colesterol, urea. Estas indican al eje hipotálamo-hipófisis que se ha alcanzado un equilibrio en el balance energético para que este inicie la secreción de GnRH y por ende se restablezca la actividad reproductiva. Las hormonas metabólicas pueden ejercer un efecto directo sobre el ovario y podría mediar los efectos de la ingesta de nutrientes sobre la función reproductora (Wettemann y Bossis, 2000). Adecuadas reservas de energía corporal y suficientes concentraciones en plasma de señales metabólicas son prerequisites para la ovulación en vacas posparto. Si las reservas de grasas y el consumo de nutrientes no son los adecuados, la movilización grasa puede alterar las concentraciones plasmáticas de insulina y de IGF-I (Wettemann y col., 2003). Los cambios en la concentración en términos de aumentos en la insulina, IGF-I, glucosa y disminución AGNE en sangre, serían indicadores de energía disponible que afectarían la secreción de LH en el corto o largo plazo (Bossis y col., 2000).

El IGF-I es un péptido de 70 aminoácidos, con estructura y función similar a la insulina. El sistema IGF está compuesto por IGF-I, IGF-II, sus receptores y proteínas ligantes. Varios órganos lo sintetizan pero el principal es el hígado, a través de la unión de la GH a receptores (rGH) induciendo la síntesis de IGF-I. El IGF-I juega un papel importante en la foliculogénesis, en la esteroidogénesis ovárica y en la función del cuerpo lúteo, así como también modula la función del hipotálamo e hipófisis (Zulú y col., 2002). A nivel ovárico posee efectos directos estimulando la mitogénesis en las células de la granulosa, la producción de progesterona por las células luteales, y la producción de andrógenos por las células tecaes (Spicer y Echtermikamp, 1995). A nivel hipotálamo-hipófisis posee acción sobre la secreción de FSH y LH e incrementa la sensibilidad a estas hormonas en las células foliculares (Zulú y col., 2002).

La insulina es una proteína que consta de dos cadenas (cadena A: 21 aminoácidos y cadena B: 30 aminoácidos), unidas por dos enlaces disulfuro. Es una hormona anabólica, la cual promueve la glucogenogénesis e inhibe la glucogenólisis, estimula la glucólisis, favorece la síntesis de triglicéridos y proteínas. Juega un papel central en el control homeostático del metabolismo energético (Chilliard, 1999). Es sintetizada en las células de β de los islotes de Langerhans del páncreas, bajo la influencia del estímulo en la ingesta de proteínas, glucosa y su paso a la sangre a partir de los alimentos digeridos. El sitio de acción principal es en el hígado, músculo y tejido adiposo, promoviendo así la conversión intracelular de glucosa, carbohidratos, aminoácidos a sus formas de almacenamiento (es decir glucógeno, triglicéridos y proteínas). Hay receptores para la insulina en el hipotálamo, la glándula pituitaria (Lesniak y col., 1988) y ovario (Poretsky y Klain, 1987). Tiene función estimuladora de la liberación de GnRH a nivel del eje hipotálamo-hipófisis. El hipotálamo expresa un transportador de glucosa dependiente de insulina (Livingstone y col., 1995), esto le permite al hipotálamo responder a las crecientes concentración de glucosa en sangre. A nivel del ovario, al igual que la IGF-I, estimula la proliferación y la esteroidogénesis a nivel de las células de la teca y de la granulosa (Spicer y Echtermikamp 1995; Wettemann y Bossis 2000).

En cuanto a los metabolitos, el colesterol es el esteroide más abundante en los tejidos animales. El hígado es el lugar principal de la síntesis del colesterol, a partir del acetil-CoA. Tiene varias funciones: formar parte de las membranas plasmáticas, precursor de la vitamina D, de las hormonas sexuales (progesterona, estrógenos y andrógenos), las hormonas corticoesteroidales (cortisol y aldosterona), y de las sales biliares. La totalidad de los lípidos en plasma se encuentran asociados con proteínas formando complejos lipoproteicos que aseguran su transporte, que son captados por el tejido ovárico y otros tejidos extrahepáticos (Grummer y Carroll, 1988).

El BHB es un derivado hidrosoluble de los ácidos grasos, principal cuerpo cetónico circulante. Se produce en el hígado y en la pared del rumen (a partir del ácido butírico durante su absorción). Cumple función como substrato energético para los tejidos (cerebro, corazón y músculos) y además como

precursores para la síntesis de ácidos grasos en la glándula mamaria. El principal regulador de la cetogénesis es la disponibilidad de AGNE. Los AGNE ingresan al hígado y son oxidados produciendo grandes cantidades de acetil-CoA, la utilización de este con fines energéticos en el ciclo de krebs está comprometida, debido a la derivación del oxalacetato hacia la neoglucogénesis para atender los altos requerimientos en glucosa asociados a la producción de leche (lactosa y energía). El resto de acetil-CoA es destinado a la producción de cuerpos cetónicos.

La urea es un producto de desecho del metabolismo del nitrógeno, el cual revela información acerca de la actividad metabólica proteica del animal. La concentración está en relación directa con el aporte proteico de la ración y la relación energía/proteína a nivel del rumen (Wittwer, 1996). Un 60 a 80 % de la proteína es transformada en amoníaco en el rumen. En el hígado el amoníaco es transformado en urea, la cual se excreta una parte por vía renal, la otra fracción vuelve al rumen. La disminución de la ingesta de energía influye inversamente en la concentración de amonio ruminal producto de una reducción de la síntesis proteica microbiana, elevando la concentración de urea sanguínea (Wittwer, 1996).

4) **Tecnologías de manejo para acortar el anestro posparto**

4.1) *Manejo de las reservas energéticas en la vaca*

Las reservas corporales de la vaca pueden ser evaluadas a través de la CC (Dunn y Moss, 1992). La escala de CC se basa en la apreciación visual del animal; una escala muy utilizada es la de Vizcarra y col., (1986), tiene 8 puntos en la que 1 corresponde a la vaca muy flaca y 8 al extremo opuesto. Hay tres momentos claves en el año para clasificar los vientres según su estado corporal para proporcionarles alimentación a los animales en función del mismo. Antes de entrar al invierno (CC=6), 2 meses antes del parto (CC=4) e inmediatamente en el posparto lo antes posible del momento del entore (CC= 5 y 6). En caso de primíparas la CC debe ser entre 0,5 y 1 más que en las vacas multíparas (Orcasberro, 1991).

La CC de las vacas primíparas en el parto influye en la respuesta a la ingesta de nutrientes posparto (Spitzer y col., 1995). Las vacas que llegan al parto con buena CC, aún perdiendo peso en el período inmediato al parto y se las somete a flushing antes y durante el entore logran igual eficiencia reproductiva que aquellas vacas que siempre se mantuvieron en ganancia de peso desde el parto (Warner y Spitzer, 1983). Las reservas de energía al parto son el factor con mayor efecto sobre la tasa de preñez (Richards y col., 1986; Wetteman y col., 2003). La probabilidad de preñez aumenta con la condición corporal al parto, y es mayor en vacas que ganan peso durante el posparto (Soca y col., 2005). Según Randel, (1990) la CC al parto interactúa con la disponibilidad de nutrientes en la dieta para influir en el rendimiento reproductivo.

La nutrición preparto (reservas corporal al parto) es más importante que la nutrición posparto en la determinación de la longitud de anestro posparto (Dunn y Kaltenbach, 1980). La ingesta inadecuada de nutrientes antes (Bellows y col., 1982) o después del parto (Grimard y col., 1995) tiene efectos negativos en primíparas. Las vacas primíparas presentan una demanda adicional debido a los requerimientos de crecimiento que presentan, ocasionando superiores pérdidas de CC.

Las reservas corporales de energía pueden influir en las concentraciones de sustratos de energía y hormonas metabólicas en la sangre del ganado (Wettemann y col., 2003). Estos podrían mediar los efectos de la ingesta de nutrientes en la función reproductiva (Wettemann y Bossis, 2000). Lalman y col., (2007) reportaron un incremento lineal en la concentración de insulina cuando aumentaba el nivel de energía en la dieta. Además estos reportaron que las concentraciones de IGF-I e insulina se asociaron positivamente con el cambio en la puntuación de la CC.

Vizcarra y col., (1998) estudiaron el efecto de la CC al parto y el aumento de peso sobre las concentraciones de insulina, en vacas primíparas con CC al parto 4, 5 y 6 con planos medios o altos de nutrición desde el parto al entore. Estos autores reportaron una interacción entre los niveles de nutrición pre y posparto al observar un aumento lineal en las concentraciones de insulina, a medida que se incrementaba la CC al parto en vacas con dieta medias, no detectándose relación en las vacas con altos planos de nutrición. En este sentido Cicciooli y col., (2003) reportaron efecto de la CC al parto en las concentraciones de insulina cuando se midió 7 semanas antes de la aparición del estro (mayor concentración CC 5 vs CC 4).

4.2 Suplementación

La suplementación energética de corta duración denominada flushing ha sido identificada como benéfica en la producción ovina. Existen evidencias que el consumo de energía por cortos períodos de tiempo (5 días) mejora el desarrollo folicular en ovejas de CC $1,8 \pm 0,1$ (escala 1-5) (Viñoles y col., 2003). En bovinos la suplementación es utilizada para adelantar la edad al primer servicio, para acortar la duración del anestro posparto cuando se usan suplementos antes o después de la parición. En vacas con ternero al pie se presenta como una tecnología con alto impacto en obtener mejora en el porcentaje de preñez total, pero sobre todo en concentrar la preñez en las etapas más tempranas del entore, permitiendo acomodar las fechas del entore en el rodeo. Además es una tecnología que no presenta grandes costos, ni tiempos disponibles (Viñoles y col., 2009).

Muchos estudios han propuesto señales metabólicas que se ven afectadas por alteraciones en el metabolismo energético (Chilliard y col., 1998). En un trabajo realizado por Lake y col., (2006) reportaron que la suplementación con un alto contenido de lípidos afectaron la concentración de insulina en comparación con los animales control (bajo contenido lípidos). En el mencionado trabajo fueron

utilizadas vacas multíparas (Angus x Gelbvieh), las cuales presentaban CC al parto 4 y 6. Los animales con mejor CC al parto presentaban mayores concentraciones de IGF-I. Además, la concentración de BHB fue mayor en los animales del grupo control. Los lípidos en la dieta pueden actuar como nutracéuticos (Williams y Stanko, 1999) mediante la partición de nutrientes para el uso de energía de un proceso metabólico a otro (Hess y col., 2005).

Ciccioli y col., (2003) reportaron que la nutrición posparto durante los primeros 70 días posparto influyó en las concentraciones de IGF-I e insulina: las vacas suplementadas (maíz rolado, pellets de alfalfa molido, cascarilla de algodón y melaza de caña) presentaron mayor concentración con respecto a las vacas control. Además la nutrición posparto afectó la concentración de IGF-I cuando se midió 7 semanas antes de la presentación del estro, siendo mayor en las vacas suplementadas con una CC al parto 5. Rubio y col., (2005) evaluaron el efecto de la suplementación a los 72 ± 2 días y 56 ± 9 días, encontrando efecto positivo de ella sobre las concentraciones de IGF-I e insulina.

A nivel nacional Astessiano y col., (2008) reportaron que el incremento en el plano nutricional (campo nativo mejorado con lotus rincón) previo al entore (48 ± 10 días posparto) durante 23 días en vacas primíparas Angus x Hereford (CC al parto $3,6 \pm 0,04$) no mejoró la respuesta reproductiva pero modificó el perfil metabólico/endocrino de acuerdo con una mayor repartición de nutrientes y energía para la producción de leche. La suplementación de medio o largo plazo en los sistemas de producción de ganado en nuestro país no resulta una práctica justificable desde el punto de vista económico (Soca y col., 2007).

Los antecedentes experimentales revelan que cambios de corto plazo en los niveles de alimentación afectan positivamente la reproducción. Se plantearon experimentos de destete temporario y cambios en el plano de alimentación por 20 días en vacas primíparas con CC subóptima (3,2-3,75; Vizcarra y col., 1986). Los tratamientos nutricionales consistieron en pasturas mejoradas o afrechillo de arroz y se suplementó antes del entore (Soca y col., 2002; Carrere y col., 2005; Soca y col., 2005) o en los primeros 20 días del mismo (Do Carmo, 2006; Claramunt, 2007), antes, durante o posterior al manejo del amamantamiento correspondiente. El flushing incrementó el porcentaje de preñez en los primeros 30 días de entore y la preñez total, independientemente del tipo de suplementación o el momento en que fue realizada.

La suplementación de corta duración mejora el crecimiento folicular y la función luteínica, mejorando la tasa de preñez (Khireddine y col., 1998).

4.3) Control de amamantamiento

El amamantamiento puede ser suprimido en forma temporaria, destetando al ternero durante 24 a 144 hs o por medio de la colocación de la tablilla nasal al ternero durante un período de 10-14 días permaneciendo al pie de la madre. En forma definitiva, donde el ternero puede ser destetado de forma precoz a los 2-3 meses. El destete y la interrupción de la relación vaca-ternero reducen la producción de leche mejorando el ambiente endocrino metabólico.

Quintans y col., (2010) observaron en vacas multíparas a las cuales se les aplicó destete temporario con tablilla durante 14 días una reducción en la producción de leche respecto a las vacas sin restricción del amamantamiento. Al reducir la producción de leche se reducen también los requerimientos de mantenimiento mejorando el estado nutricional de la vaca. El destete con separación física vaca-ternero por períodos cortos 4 a 6 días aumentó el número de vacas con folículos mayores a 10 mm y el tamaño del folículo mayor, comparado con el destete temporario con tablilla por 12 días (Do Carmo, 2006). En este sentido se requieren períodos de restricción del amamantamiento con una duración superior de 6 días para conseguir la ovulación en vacas con condición corporal baja (Quintans y col., 2004), especialmente en el caso de vacas primíparas (Quintans y col., 2009).

Stagg y col., (1998) reportaron que la eliminación del efecto del amamantamiento en vacas Hereford x Angus resultó en un rápido aumento en la frecuencia de pulsos de LH, luego de 4 días de haber interrumpido el vínculo materno-filial, acortándose el intervalo parto ovulación con respecto a las vacas con amamantamiento ad libitum. A los 5 días de iniciado los tratamientos (amamantamiento 1 vez al día con el ternero cerca y/o ternero lejos), las concentraciones de IGF-I se incrementaron, y tuvieron un aumento lineal hasta el día de la ovulación. Los animales con amamantamiento ad libitum tuvieron menor concentración de IGF-I con respecto a las vacas en que se restringió el amamantamiento. El intervalo posparto fue menor en las vacas en que se restringió el amamantamiento y con el ternero lejos respecto a las vacas con el ternero cerca.

Álvarez y col., (2009) encontraron que las concentraciones de IGF-I, colesterol y el intervalo parto ovulación no fueron diferentes entre los tratamientos de restricción del amamantamiento (permitiendo amamantar 1 vez al día y 2 veces al día). Pero el tipo de acceso del ternero afectó la concentración plasmática de BHB, siendo inferior en las vacas a las que se les aplicó el control de amamantamiento 1 vez al día respecto a las vacas con amamantamiento 2 veces al día.

Finalmente, varios trabajos nacionales evaluaron el efecto del destete temporario y la suplementación y su efecto con la CC. La CC mejoró cuando la suplementación, o el acceso a mejor pastura ocurrió antes (Soca y col., 2002, Carrere y col., 2005) o durante el destete temporario (Soca y col., 2005), pero el suplemento no mejoró la CC cuando fue suministrado después del destete temporario (Do Carmo, 2006). El destete mejora el balance energético y se expresaría posteriormente en un aumento en la CC. El destete provocó un incremento superior de CC que la suplementación (Soca y col., 2005). La energía aportada por la suplementación no sería destinada a recuperar CC, sino a favorecer el eje reproductivo. A pesar de la información citada, no se ha reportado cuales son las señales endocrino-metabólicas asociadas a la condición corporal al parto y a tratamientos de destete diferenciales (aislamiento total del par vaca / ternero vs destete con tablilla al pie de la madre) y suplementación energética de corta duración.

HIPÓTESIS

La CC al parto interacciona con tecnologías de corto plazo como ser el tipo de destete temporario y Flushing, afectando el ambiente endocrino-metabólico y la respuesta reproductiva.

OBJETIVOS

Generales:

Contribuir al conocimiento de los mecanismos biológicos por los cuales el tipo de destete temporario y el Flushing interaccionando con la CC al parto afectan la CC, las concentraciones de metabolitos, hormonas y el reinicio a la ciclicidad ovárica posparto.

Específicos:

Determinar las concentraciones de metabolitos (colesterol, BHB y urea) y hormonas (insulina e IGF-I) en vacas primíparas sometidas a distintos tipos de destete (destete con y sin separación) y a Flushing o no.

Determinar la duración del anestro posparto y relacionarlo con el tipo de destete temporario, Flushing y la CC al parto y asociarlo con los perfiles endocrino-metabólicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y Diseño experimental

Se utilizaron 56 vacas de la raza Hereford, de primera cría, pertenecientes a la estación experimental de San Antonio de la Facultad de Agronomía, en Salto (año 2005). Las vacas presentaban al parto una CC de $3,74 \pm 0,4$ (escala visual 1-8, Vizcarra y col., 1998) y fueron asignadas al azar de acuerdo a la CC al parto en un arreglo factorial (2x2) de tipo de destete y flushing. Las vacas se clasificaron según la CC al parto, en moderada (≥ 4 ; n=27) y baja ($\leq 3,5$; n=29). Al comienzo del tratamiento todas las vacas estaban en anestro comprobado a partir de las concentraciones de progesterona en sangre (día 0 = inicio del experimento) correspondiendo a los 45-65 días posparto.

Tratamientos

A los 45-65 días posparto se realizó el destete dónde las vacas fueron asignadas a dos grupos: a) Destete temporario con la aplicación de las tablillas nasal (TN) a los terneros durante 12 días sin separación del ternero o b) Destete temporario con separación, que comprendió la completa separación del ternero (a más de 5000 m de distancia) de la vaca durante 5 días y luego la aplicación de la tablilla durante 7 días al reunirse vacas con terneros (S+TN). Durante los días de separación completa los terneros no tuvieron contacto visual ni auditivo con sus madres.

Al finalizar el destete (57-77 días posparto) las vacas fueron asignadas al tratamiento nutricional que consistió en : a) Grupo con flushing (F) en el cual se ofreció 2 kg / vaca / día (como base fresca) de Afrechillo de arroz entero (86,5 % materia seca; 13,5 % proteína cruda; 44 % fibra detergente neutro ; 13,5 % extracto etéreo) durante 22 días (desde el día 12 al 34 del experimento) o b) Grupo que no recibió flushing (control). Durante el tratamiento nutricional, ambos grupos de vacas pastorearon potreros diferentes con la misma base forrajera en campo natural y el suplemento se ofreció en alimentadores con separaciones individuales cada 100 cm. El entore comenzó el mismo día en que comenzó el tratamiento nutricional, se utilizaron dos toros con fertilidad probada que permanecieron con las vacas durante 83 días.

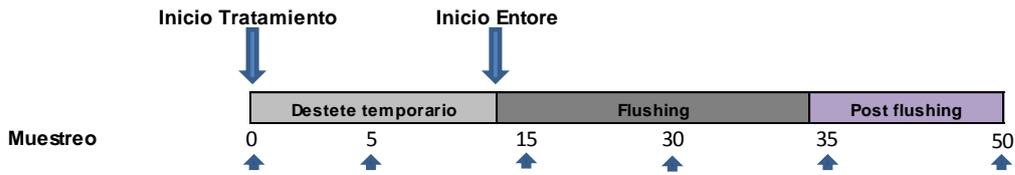


Figura 1. Representación esquemática del ensayo. Las flechas indican los momentos en los que se realizó la toma de muestras de sangre para la determinación hormonal o metabólica.

En la Figura 1, se esquematiza la secuencia en la que ocurrieron los tratamientos y fueron tomadas las muestras de sangre. Se tomó como día 0 el comienzo del tratamiento de destete. Finalizado el mismo comenzó el flushing y el entore. Se extrajeron 6 muestras de sangre en todos los animales correspondientes a los días 0 (inicio del destete), 5, 15, 30, 35 y 50.

Determinaciones en los animales

La CC de las vacas (escala visual 1-8; Vizcarra et al., 1986) fue determinada cada 20 días por un observador entrenado.

Las muestras de sangre fueron colectadas con tubos al vacío, conteniendo heparina como anticoagulante, refrigeradas a 5°C y luego centrifugadas (2000 X g, 15 min) dentro de las 2 horas pos muestreo y el plasma fue almacenado a - 20°C hasta su análisis en el Laboratorio de técnicas nucleares (LTN), Facultad de Veterinaria, Montevideo.

Las concentraciones de BHB, urea y colesterol se determinaron mediante espectrofotometría en un equipo VITALAB Spectra. El coeficiente de variación (CV) intra ensayo para el BHB fue 7 %, urea 5 % y colesterol 6 %.

La concentración de insulina se determinó por medio de IRMA ensayo inmunoradiométrico utilizando un Kit comercial (Diasource Immuno Assays S.A, Nivelles, Bélgica). La sensibilidad del ensayo fue 2.4 µUI/mL, los CV intra ensayo para control 1 (26 µUI/mL) y control 2 (59 µUI/mL) fueron 7 % y 4 % respectivamente y los inter ensayo 7 % y 6 % respectivamente. La concentración de IGF-I se determinó utilizando un Kit comercial (IGF-I-RIACT CisBio International, GIF-SUR-YVETTE CEDEX, France). La sensibilidad del ensayo fue 0,6 ng/mL, los CV intra ensayo para control 1 (38 ng/mL) y control 2 (545 ng/mL) fueron 8 % y 13 % respectivamente y los inter ensayo 10 % y 14 % respectivamente.

La concentración de progesterona fue analizada anteriormente a este trabajo de tesis y se determinó por radioinmunoensayo (RIA) en fase sólida directa utilizando un kit comercial (Diagnostic Product Co., Los Angeles, CA, EE.UU.).

La sensibilidad del ensayo fue de 0,1 ng / mL. El CV intra ensayo para los controles bajo (0,8 ng / mL), medio (2,2 ng / mL) y alto (8 ng / mL) fue de 6,6; 6,4 y 6,3 %, respectivamente. Los CV inter ensayo de los mismos controles fueron 9,8; 6,4 y 6,1 %, respectivamente.

El anestro posparto se definió como el intervalo entre el parto y el día de la primera de las dos muestras de sangre semanales consecutivas con progesterona ≥ 1 ng / mL.

Análisis estadístico

Todos los datos se analizaron en un diseño completamente al azar utilizando el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS 9.0V. SAS Institute Inc., Cary, NC). La evolución de la CC y el perfil endocrino-metabólico se analizaron en base a un modelo de medidas repetidas utilizando el procedimiento MIXED, que incluyó el efecto de la CC al parto, tipo de destete, flushing, días y las interacciones como efectos fijos (MIXED PROC; SAS Institute INC.,Cary,NC,USA). Se utilizó la estructura de covarianza autoregresiva de orden 1 y los grados de libertad fueron ajustados por el método de Kenward-Rogers. Para analizar las diferencias entre los grupos ($P < 0,05$) se utilizó el test de Tukey-Kramer. Una tendencia se consideró cuando $P < 0,1$ y $P > 0,05$. El efecto de la CC al parto, tipo de destete, flushing sobre el anestro posparto se analizó mediante modelos lineales en base a PROC GLM.

RESULTADOS

1) Condición corporal

La evolución de la CC se vio afectada por la CC al parto (CCP) y días (tabla 1). Las vacas con CCP moderada presentaron una mayor CC que se mantuvo mayor a las de CCP baja en todo el período de estudio (figura 2), promediando valores de $3,8 \pm 0,09$ y $3,5 \pm 0,08$ para CCP moderada y baja respectivamente. En la figura 2 se registró un leve aumento en la CC en ambos grupos.

Tabla 1. Test F de los efectos fijos incluidos en el modelo para CC en vacas de carne primíparas en condiciones de pastoreo.

Variables	TD	F	CCP	días	CCP*días
CC	0,62	0,68	<0,01	<0,01	0,15

Los efectos fijos fueron el tipo de destete (TD), flushing (F), CC al parto (CCP), días e interacciones entre ellos.

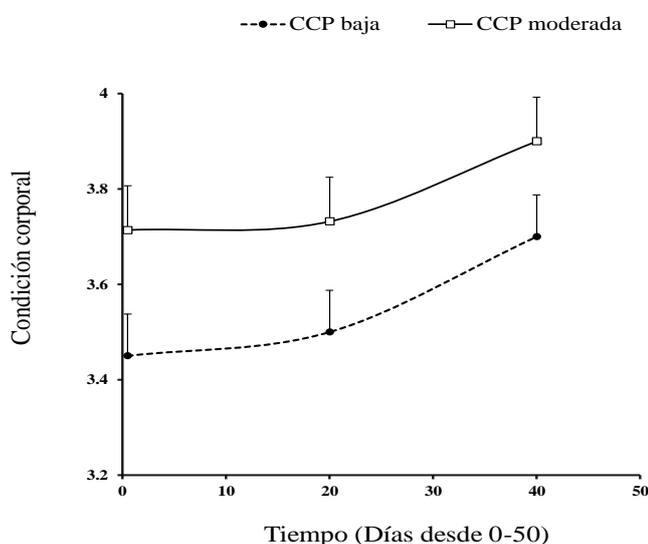


Figura 2. Evolución de la CC durante y después del tratamiento de destete y flushing, en vacas con CCP moderada (≥ 4 ; n=27) y CCP baja ($\leq 3,5$; n=29).

2) Concentración de metabolitos y hormonas

Las concentraciones de BHB y urea fueron afectadas por los días (tabla 2), encontrándose valores promedios de BHB de $0,28 \pm 0,15$ mmol/L y urea $3,75 \pm 1,16$ mmol/L. Si bien no hubo efecto del TD, las concentraciones de BHB disminuyeron a los 5 días de iniciado el destete en ambos grupos (figura 3 A). Al día 15 (3 días después de finalizado el destete), las concentraciones de BHB aumentaron en ambos grupos y se mantuvieron constantes hasta el final del ensayo, sin diferencias entre los grupos. Las concentraciones de urea disminuyeron a los 5 días de iniciado el destete (figura 3 B), luego se mantuvieron constantes.

Tabla 2. Test F de los efectos fijos incluidos en el modelo para metabolitos y hormonas en vacas de carne primíparas en condiciones de pastoreo.

Variables	F	TD	CCP	días	CCP*días	F*días	CCP*F*días
BHB	0,51	0,62	0,95	0,005	0,22	-----	0,62
Urea	0,48	0,22	0,75	0,0001	0,22	-----	0,24
Colesterol	0,27	0,92	0,07	< 0,01	0,94	< 0,01	0,93
Insulina	0,28	0,71	< 0,01	< 0,01	0,03	0,12	0,04
IGF-I	0,07	0,96	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,62	< 0,01

Los efectos fijos fueron el flushing (F), tipo de destete (TD), CC al parto (CCP), días e interacciones.

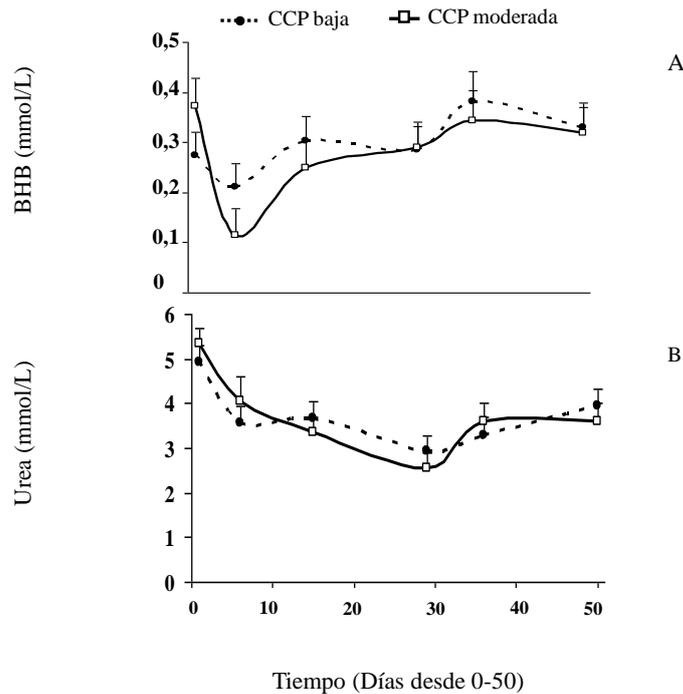


Figura 3. Concentración de BHB (A) y urea (B) durante y después del tratamiento de destete y flushing en vacas con CCP moderada (≥ 4 ; $n=27$) y CCP baja ($\leq 3,5$; $n=29$).

Las concentraciones de colesterol fueron afectadas por los días y la interacción F*días (tabla 2). Las vacas de CCP baja tendieron a presentar mayores concentraciones de colesterol que las de CCP moderada ($4,33 \pm 0,79$ mM vs $4,01 \pm 0,73$ mM). Independientemente de la CCP, se observó un aumento en las concentraciones de colesterol durante el flushing (día 30) (figura 4 A y B), disminuyendo después de finalizado el mismo. No se observaron diferencias en las concentraciones de colesterol entre los grupos control y flushing después de terminado el flushing.

Las concentraciones de las hormonas fueron afectadas por la CCP, días e interacción CCP*días y CCP*F*días (tabla 2). Las vacas con CCP moderada presentaron mayor concentración de insulina que vacas CCP baja ($10,7 \pm 1,2$ vs $7,8 \pm 1,1$ μ U/mL respectivamente). Durante el flushing las concentraciones de insulina aumentaron en vacas CCP moderada (día 30), pero esto no se observó en las vacas con CCP baja y suplementadas. Después de finalizado el flushing, la concentraciones de insulina en las vacas suplementadas con CCP moderada disminuyeron (Figura 4 D).

Las concentraciones de IGF-I presentaron un aumento de 2,5 veces a los 5 días de iniciado el destete, no importando el TD (figura 4 E y F), siendo las vacas CCP moderada las que presentaron mayor concentración de IGF-I ($70,4 \pm 7,5$ ng/mL vs $46,4 \pm 6,9$ ng/mL para CCP moderada y baja respectivamente). Además se observó un aumento en la concentración de IGF-I luego del flushing en las vacas con CCP moderada, pero no en las de CCP baja (figura 4 F). Las

vacas sometidas a F tendieron a presentar mayor concentración de IGF-I respecto a vacas control ($63,4 \pm 7,1$ ng/mL vs $52,1 \pm 7,3$ ng/mL). El aumento en las concentraciones de IGF-I se observó posterior al aumento en las concentraciones de insulina en vacas CCP moderada sometidas a flushing.

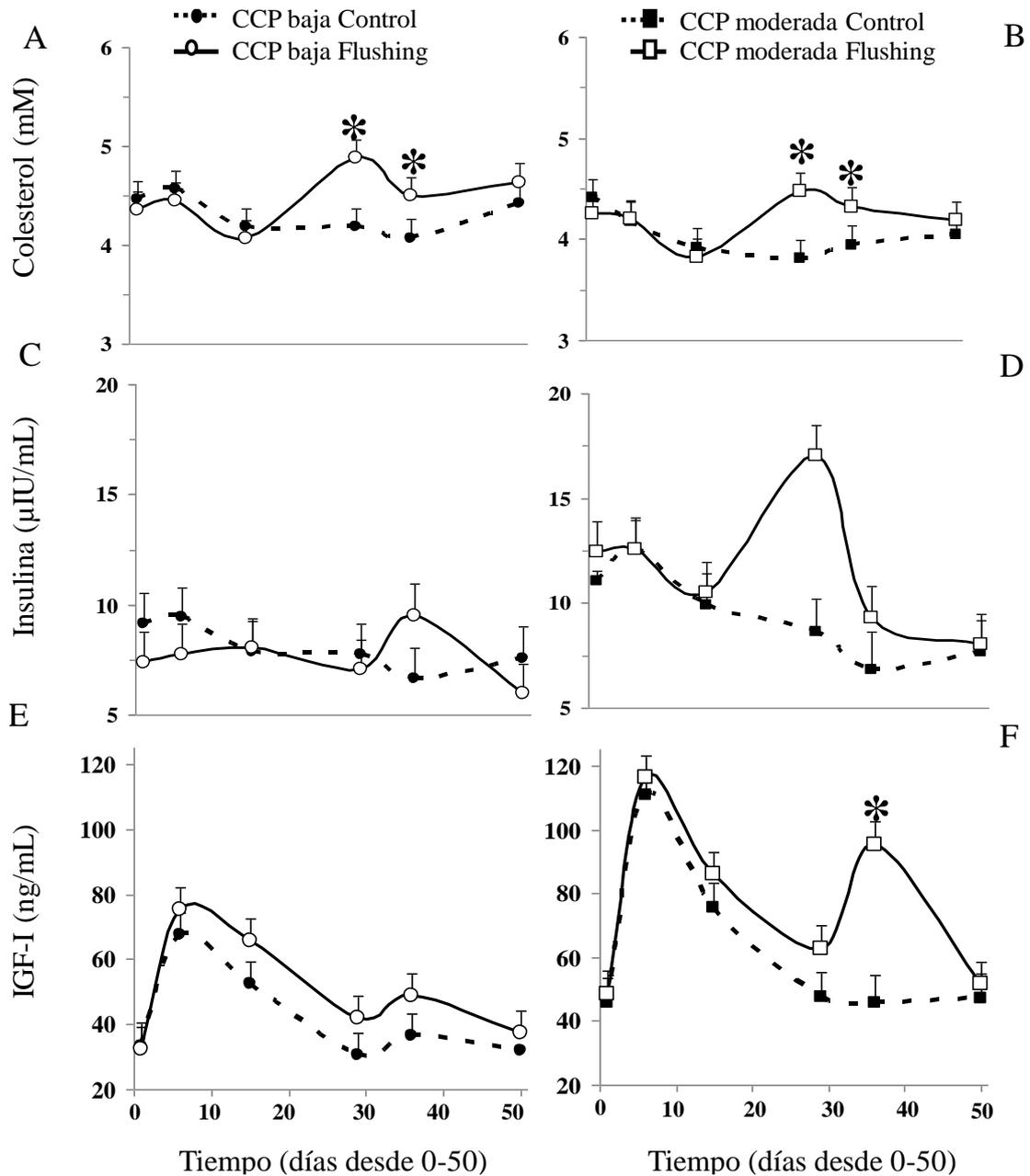


Figura 4. Concentración colesterol (A y B), insulina (C y D) y el IGF-I (E y F) durante y después del tratamiento de destete y flushing para vacas con CCP moderada (≥ 4 ; n=27) o CCP baja ($\leq 3,5$; n=29).

3) Reinicio de la ciclicidad ovárica posparto

La duración del anestro posparto se vio afectada por el TD y la CCP (tabla 3). Se observó un anestro posparto más corto en vacas S+TN respecto a las vacas TN y en vacas CCP moderada en comparación a vacas CCP baja (tabla 3). No se encontró efecto del F (tabla 3).

Tabla 3. Efecto del tipo de destete, flushing y CCP en la duración del anestro posparto en vacas de carne primíparas.

	Efectos								Significancia efectos			
	TD		s.e	F		s.e	CCP		s.e	TD	F	CCP
	TN	S+TN		F	Control		Baja	Moderada				
APP (días)	115	97	5,0	106	106	4,0	119	94	3,0	0,01	0,87	0,01

APP: anestro posparto.

TD: tipo de destete.

S + TN: separación ternero durante 5 días y posterior tablilla nasal durante 7 días.

TN: tablilla nasal durante 12 días al pie de la madre.

F: Flushing.

s.e: estimación estándar de error.

DISCUSIÓN

El leve aumento de la CC durante el experimento en vacas CCP moderada y baja podría deberse a una mejora en el consumo y/o disponibilidad de forraje. La mejor CC en vacas con CCP moderada, podría explicarse por un uso más eficiente de la energía consumida en comparación a las de CCP baja. El tipo de destete y el flushing no afectaron la CC. De forma consistente, Do Carmo, (2006) y Quintans y col., (2010) no encontraron efecto del tipo de destete sobre la CC para vacas primíparas (destete temporario durante 12 días con y sin separación) y multíparas (destete temporario durante 14 días con y sin separación del ternero) respectivamente. Concordando con los hallazgos del presente trabajo Do Carmo, (2006) no encontró efecto en la CC cuando se suplementó con afrechillo de arroz (2 Kg / vaca / día), argumentando que la cantidad de energía proporcionada por el suplemento, sumado al nivel de demanda de las funciones a cubrir, no permitiría la diferenciación en la CC.

Las concentraciones de BHB fueron afectadas por los días, manteniéndose dentro de los rangos de referencia para la especie (0,12 - 0,60 mmol / L, Wittwer, 2000). El BHB es un cuerpo cetónico que puede ser utilizado como sustrato energético por los tejidos (cerebro, corazón y músculos) y además como precursor para la síntesis de ácidos grasos en la glándula mamaria. La concentración en plasma de BHB está relacionada con la movilización de reservas de lípidos en momentos de déficit energético y es usada para evaluar el grado de balance energético negativo (González, 2000). Si bien no hubo efecto del tipo de destete en las concentraciones de BHB, se observó una disminución en la concentración de BHB a los 5 días de iniciado el destete, la cual podría deberse a una mayor disponibilidad energética en el organismo debido a una reducción en la demanda energética destinada a la producción láctea. El posterior aumento en las concentraciones de BHB a los 3 días de finalizado el destete se debería a un aumento de la demanda energética y por lo tanto aumento de la cetogénesis.

Concordando con el presente trabajo Quintans y col., (2010) no encontraron diferencias en los niveles de BHB en vacas sometidas a destete (con tablilla nasal y a corral) y con CC al parto moderada y baja y obtuvieron valores promedio de 0,4 mmol / L, siendo mayor a los encontrados en el presente trabajo.

Las concentraciones de urea fueron afectadas por los días, manteniéndose los valores de urea dentro de los rangos de referencia para la especie (2,6 - 7,00 mmol / L; Wittwer, 2000). La urea es un producto de la excreción del metabolismo del nitrógeno y su determinación en muestras de sangre revela información sobre la actividad metabólica proteica del animal. La concentración está en relación directa con el aporte proteico de la ración y la relación energía/proteína a nivel del rumen (Wittwer, 1996).

Si bien las máximas concentraciones promedio de colesterol encontradas durante el flushing no superaron el rango de referencia para la especie de 3,0-5,0 mmol / L (Wittwer, 2000), el aumento del colesterol durante el flushing se debería al elevado contenido lipídico (ácidos grasos no saturados) del suplemento, ya que el aceite vegetal en la dieta además de aportar energía puede provocar un incremento en la concentración sérica de colesterol (Herrera y col., 2001). Concordando con el presente trabajo, Aranda y col., (2010) reportaron aumentos en las concentraciones de colesterol en vacas suplementadas con aceite de maíz respecto a vacas no suplementadas durante el posparto (3,06 vs 2,23 mmol / L respectivamente). En vacas de leche se ha reportado también un efecto positivo del aceite vegetal sobre las concentraciones de colesterol cuando se les administro durante 8 semanas posparto (3,51 vs 2,83 mmol / L, en vacas suplementadas y control respectivamente; Marín y col., 2007).

Por otra parte, la mayor CC en vacas de CCP moderada fue consistente con mayores concentraciones de insulina e IGF-I en estos animales, durante todo el experimento respecto a vacas CCP baja. Esto reflejaría un mejor estado metabólico, resultado de una regulación hormonal superior de las reservas corporales y / o de una mayor ingesta de materia seca (Blanc y col., 2006). Otros investigadores proponen además un diferente comportamiento y consumo de materia seca favoreciendo los precursores neoglucogénicos (Watterman y Butler, 2010). En el mismo sentido cambios en las concentraciones de insulina e IGF-I tienen un papel importante en la adaptación metabólica a los cambios en la CC (León y col., 2004). Además se reporta que la CC de las vacas se asocia con las concentraciones de insulina e IGF-I (Bishop y col., 1994; Vizcarra y col., 1998; León y col., 2004; Lalman y col., 2007).

En concordancia con nuestro trabajo, varios investigadores reportaron mayores concentraciones de insulina en vacas multíparas y primíparas con CC al parto moderada en comparación a las de baja (Sinclair y col., 2002; Cicciooli y col., 2003; Quintans y col., 2010). En contraposición Lake y col., (2006) reportaron que las concentraciones de insulina en vacas multíparas (Angus x Gelbvieh) no eran afectadas por la CC al parto. Respecto a las concentraciones de IGF-I, Lake y col., (2006) reportaron una mayor concentración de IGF-I en animales con mejor CC al parto y en ganado lechero las vacas primíparas con mayor CC al parto, presentaron mayor nivel de IGF-I (Meikle y col., 2004). En contraposición Cicciooli y col., (2003) no encontraron efecto de la CC al parto en las concentraciones de IGF-I en vacas primíparas Angus x Hereford.

El tipo de destete no afectó las concentraciones de insulina, así como tampoco se observaron cambios en la concentración durante el destete. Quintans y col., (2010) no encontraron efecto del tipo de destete, pero reportaron un aumento en las concentraciones de insulina en vacas multíparas sometidas a destete durante 14 días (con tablilla nasal y / o a corral). Esta diferencia podría deberse en el presente trabajo a una baja disponibilidad de forraje (consumo de energía) y / o a la dificultad de vacas primíparas a una mayor ingesta. Si bien el tipo de destete no afectó las concentraciones de IGF-I, su aumento a los 5 días

de iniciado el destete es consistente con la disminución de BHB y se explicaría por una mayor disponibilidad de energía en el organismo debido a una disminución en la demanda energética para la lactancia.

Concordando con el presente trabajo, Stagg y col., (1998) observaron en vacas primíparas Angus x Hereford un aumento en las concentraciones de IGF-I a los 5 días de iniciado el destete, no existiendo diferencia estadística en las concentraciones de IGF-I entre los tipos de destete (restricción amamantamiento 1 vez al día con la presencia del ternero cerca y / o lejos). Los cambios en las concentraciones de IGF-I sin cambios en las concentraciones de insulina se contradicen con lo reportado en ganado de leche (Rhoads y col., 2004), y podría indicar otros mecanismos controlando los niveles de IGF-I.

El aumento en las concentraciones de insulina y de IGF-I durante el flushing fue dependiente de la CCP ya que en vacas con CCP bajas no se evidenció dicho aumento. El aumento en las concentraciones de insulina, podría deberse a un aumento en la producción de propionato a nivel del rumen. En el mismo sentido se reporta que, el consumo de grasas que contienen ácido oleico y linoléico incrementa la producción de propionato en el rumen (Chalupa y col., 1986), y aumentan las concentraciones de insulina en suero (Williams y Stanko, 2000). En ganado ovino se reporta que el propionato puede influir sobre los niveles plasmáticos de insulina (Sano y col., 1995a) independientemente de ser un precursor de la gluconeogénesis hepática ya que las células β del páncreas son sensibles al propiónico (Sano y col., 1995b). Además, Lake y col., (2006) reportaron que el ácido oleico presentaría propiedades proliferativas en las células β del páncreas además de estimular la secreción de insulina.

La diferente respuesta endocrina al flushing en vacas de CCP moderada y baja reflejaría la influencia de la memoria metabólica y/o una estrategia de pastoreo diferencial. El suplemento además de aportar energía podría reducir el tiempo de pastoreo sin afectar el consumo de forraje lo que reduce los requerimientos energéticos de pastoreo y provocan una mayor estabilidad en el consumo de energía (Kryls y Hess, 1993). Del mismo modo, se ha demostrado en ovinos que la respuesta a un mismo tratamiento nutricional en las concentraciones de insulina y de IGF-I dependían de las reservas corporales (Fernández-Foren y col., 2011), lo que sugiere no sólo que los tejidos (tejido páncreas, hígado y tejido adiposo) controlan armónicamente el flujo metabólico, sino también la regulación en conjunto de la secreción hormonal (Yoshida y col., 2007). Todos estos factores en interacción con el suplemento podrían explicar el aumento en las concentraciones de insulina y de IGF-I observado solo en vacas CCP moderada.

El anestro posparto más corto en vacas destetadas con separación del ternero (S + TN), podría deberse al efecto en la separación física de la vaca con su ternero. Si bien en este trabajo no se estudió las concentraciones de LH, Somoza, (2002) reporta que el destete con separación actuaría aumentando la liberación de LH, por un estímulo en la liberación de GnRH. Las neuronas

secretoras de GnRH reciben la información proveniente del entorno a través de los sentidos, olfato, visión, audición, que la vaca procesa para identificar que no tiene su ternero (Williams, 1990) y se disminuirían o se eliminarían los mediadores hormonales que inhiben la liberación de LH. En el mismo sentido Stagg y col., 1998 reportaron que el vínculo vaca-ternero es más importante en la regulación de la liberación de GnRH y por lo tanto la frecuencia de pulsos de LH respecto al efecto que tiene el amamantamiento.

En contraposición Quintans y col., (2010) reportaron el anestro de vacas cuyos terneros se destetaron 14 días mantenidos a corral, fue similar a vacas cuyos terneros con tablilla nasal al pie de la madre (95 y 91 días de anestro posparto, respectivamente). Los autores sugirieron que el efecto de la separación del ternero a corral podría estar siendo enmascarado debido a un bajo número de animales en cada tratamiento. La duración del anestro posparto reportado por Quintans y col., (2010) fue similar al del presente trabajo, en lo que respecta al grupo S+TN que fue de 97 días.

En el mismo sentido Do Carmo, (2006) reportó que el destete con separación no acortó el anestro posparto (medido como vacas con actividad lútea dentro de los 30 días posteriores al comienzo de los tratamientos) pero resultó numéricamente superior respecto al destete con tablilla nasal.

Las vacas cuyos terneros no fueron separados (TN) evidenciaron un anestro estadísticamente mayor respecto S+TN. En este sentido Hoffman y col., (1996) reportaron que la presencia constante del ternero sumado a los intentos de mamar imitarían una situación de amamantamiento real, hecho que afectaría el reinicio de la ciclicidad ovárica.

En el presente trabajo las vacas CCP moderada presentaron un anestro posparto más corto. Esto podría estar asociado a que estas vacas presentaron mayores concentraciones de Insulina y de IGF-I durante el experimento. Dichas hormonas cumplen un rol importante en la foliculogénesis y esteroidogénesis ovárica (Spicer y Echtermikamp, 1995).

En el mismo sentido Wettemann y col., (2003) confirmaron que las reservas de energía al momento del parto son el factor más importante influyendo en el intervalo desde el parto hasta el primer celo y ovulación en vacas de carne. Varios autores (Dunn y Kaltenbach, 1980; Richards y col., 1986; Randel, 1990; Short y col., 1990) reportaron que vacas con mejores CC al parto presentan anestros más cortos. Concordando con el presente trabajo, Domínguez y col., (2004) y Vizacarra y col., 1998 observaron mayor actividad luteal en vacas con CC al parto moderada respecto a vacas CC al parto baja.

Robson y col., (1997) estudiando varios trabajos observaron que una buena CC al parto en vacas acorta el período de anestro, mientras que el efecto de la alimentación posparto sería más pronunciado en vacas con CC crítica al momento del parto. En el mismo sentido Wright y col., 1992 observaron que la nutrición posparto tiene influencia en la duración del anestro posparto cuando las vacas presentan una CC baja al parto (2,23; escala1-5).

Quintans y col., (2006) reportaron que cuando la CC al parto y la ingesta de nutrientes posparto es adecuada las vacas responden a las técnicas de destete acortando el intervalo posparto. Dichos autores trabajando con vacas primíparas, CC al parto de 4 reportaron duraciones de anestro de 82 días, cuando las mismas tuvieron acceso a un campo con lotus rincón.

El reinicio de la actividad posparto lo antes posible es esencial para que las vacas tengan el suficiente tiempo para volver a quedar preñadas y por lo tanto optimizar la eficiencia reproductiva del rodeo, logrando obtener un ternero por vaca por año. Para cumplir con este objetivo las vacas deberían concebir dentro de los 80-85 días de ocurrido el parto. En nuestras condiciones extensivas de campo natural se han reportado intervalos desde el parto al ciclo estral de 123 días, en vacas primíparas que parieron con una CC 4.2 (Quintans y Vázquez, 2002).

CONCLUSIONES

El tipo de destete y flushing no tuvieron efecto directo sobre la CC durante el posparto, concentración hormonal y metabolitos en vacas CCP moderada y baja. Sin embargo, el destete, independientemente de su tipo (S+TN o TN) o de la CCP disminuyó las concentraciones de BHB, urea y aumentó las concentraciones de IGF-I. Se encontró una tendencia en las concentraciones de IGF-I a aumentar en respuesta al flushing y un efecto positivo en las concentraciones de colesterol independiente de la CCP.

Una mayor CCP mejoró la respuesta del flushing incrementando las concentraciones de insulina y de IGF-I y se reflejó en un anestro posparto más corto. Además el tipo de destete con separación (S+TN) redujo el anestro posparto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez-Rodríguez J, Palacio J, Casasús I, Revilla R, Sanz A (2009). Performance and nursing behavior of beef cows with different types of calf management. *Animal* 3 (6): 871-878.
2. Aranda AI, Herrera CJ, Ake LJR, Delgado LRA, Ku VJC (2010). Effect of supplementation with corn oil on postpartum ovarian activity, pregnancy rate, and serum concentration of progesterone and lipid metabolites in F1 (Bos Taurus x Bos indicus) cows. *Trop Anim Health Prod* 42:1435-1440.
3. Astessiano AL, Perez-Clariget R, Quintans G, Soca P and Carriquiry M (2008). Short-term postpartum supplementation on hepatic gene expression in primiparous spring-calved beef cows on grazing conditions. Tesis Magister Montevideo, Facultad Agronomía, Uruguay. 68 p.
4. Bauman E and Currie W (1980). Partitioning of nutrients during pregnancy and Lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci*, 63:1514-1529.
5. Beam SW and Butler WR (1997). Energy balance and ovarian follicle development prior to the first ovulation postpartum in dairy cows receiving three levels of dietary fat. *Biol Reprod*, 56: 133.
6. Bellows RA, Short RE and Richardson GV (1982). Effects of sire, age of dam and gestation feed level on dystocia and postpartum reproduction. *J Anim Sci*, 55:18-27.
7. Bishop DK, Wettemann RP, Spicer LJ (1994). Body energy reserves influence the onset of luteal activity after early weaning of beef cows. *J Anim Sci*, 72:2703:2708.
8. Blanc F, Broquier F, Agabriel J, D'Hour P, Chilliard Y (2006). Adaptive abilities of the females and sustainability of ruminant livestock systems. A review. *Anim Res*, 55:489–510.
9. Bo GA, Caccia M (2002). Dinámica folicular ovarica en el ganado bovino. En: Ungerfeld R. Reproducción en los animales domésticos. Montevideo, Ed. Melibea; p.58-67.
10. Bossis I, Wettemann RP, Welty SD, Vizcarra J, and Spicer LJ (2000). Nutritionally induced anovulation in beef Heifers: ovarian and endocrine function during realimentation and resumption of ovulation. *Biol Repr*, 62: 1436–1444
11. Butler WR and Smith RD (1989). Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 72: 767.

12. Canfield RW and Butler WR (1991). Energy balance first ovulation and the effects of naloxane on LH secretion in early postpartum dairy cows. *J Anim Sci*, 69:740-746.
13. Carrere J M, Casella CG, Mitrano FJ (2005). Efecto del flushing y del destete temporario sobre el comportamiento reproductivo de vacas de carne de segundo entore en anestro y en condiciones corporales subóptimás. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 87p.
14. Chalupa W , Vecchiarelli B , Elser AE , Kronfeld DS , Sklan D , Palmquist DL (1986). Ruminal fermentation in vivo as influenced by long-chain fatty acids. *J Dairy Sci* 69:1293-1301.
15. Chilliard Y, Bocquier F, Doreau M (1998). Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition, and consequences on reproduction. *Reprod Nutr Dev* 38 (2): 131-152.
16. Ciccioli NH, Wettemann RP, Spicer LJ, Lents CA, White FJ, Keisler DH (2003). Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function and reproductive performance of primiparous beef cows. *J Anim Sci*, 81:3107–3120.
17. Cirio A, Tebot I (2004). Fisiología metabólica de los rumiantes. Departamento de Fisiología. Facultad de Veterinaria. Montevideo. 143 p.
18. Claramunt M (2007). Efecto de la suplementación energética de corta duración y el destete temporario sobre el crecimiento folicular y desempeño reproductivo de vacas primíparas Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía, Uruguay. 85 p.
19. Crowe MA, Goulding D, Baguisi A, Boland MP and Roche JF (1993). Induced ovulation of the first postpartum dominant follicle in beef suckler cows using a GnRH analogue. *J Repr Fert*, 99:551-555.
20. de Castro T (2002). Anestro posparto en la vaca de cría. En: Ungerfeld R. Reproducción en los animales domésticos. Montevideo, Ed. Melibea; p.210-217.
21. DIEA (2010) .Anuario estadístico Agropecuario (2010). Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias (MGAP). Disponible en www.mgap.gub.uy/diea. Consultado Agosto 2012.
22. DIEA (2012). Anuario estadístico Agropecuario. (2012). Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias (MGAP). Disponible en www.mgap.gub.uy/diea. Consultado Agosto 2012.

23. Do Carmo M (2006).Efecto del destete temporario y suplementación energética de corta duración sobre el comportamiento reproductivo y productivo de vacas de cría primíparas. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Facultad de Agronomía, Uruguay. 62p.
24. Domínguez C, Martínez N, Colmenares O (2004).Características reproductivas de Rebaños Bovinos Doble Propósito en los llanos centrales de Venezuela (características reproductivas de ganado de doble propósito en los llanos centrales de Venezuela). *Zoot Trop* 22(2):133-145.
25. Duffy P, Crowe MA, Boland MP, Roche JF (2000). Effect of exogenous LH pulses on the fate of the first dominant follicle in postpartum beef cows nursing calves. *J Repr Fert* 118: 9–17.
26. Dunn TG, Kaltenbach CC (1980). Nutrition and the postpartum interval of the ewe sow and cow. *J Anim Sci*, 51:29-39.
27. Dunn TG, Moss GE (1992). Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J. Anim. Sci.* 70:1580-1593.
28. Fernández-Foren A, Abecia JA, Vázquez MI, Forcada F, Sartore I, Carriquiry M, Meikle A, Sosa C (2011) Restricción alimenticia en ovinos: respuesta endocrino-metabólica dependiente de las reservas corporales. *ITEA* 107 (4): 257-271.
29. Flores R, Looper ML, Rorie RW, Hallford DM, Rosenkrans Jr (2008). Endocrine factors and ovarian follicles are influenced by body condition and somatotropin in postpartum beef cows.*J Anim Sci*, 86:1335-1344.
30. Gestido V, Pérez R, Carriquiry M, Soca P (2008). Evolución de la condición corporal en el pre y post parto y su relación con los niveles de metabolitos sanguíneos en vacas de cría primíparas Hereford pastoreando campo natural. XXXVI Jornadas de Buiatria, Paysandú Uruguay. 276-279.
31. Grimard B, Humblot P, Ponter AA, Mialot JP, Sauvant D, M Thibier (1995). Influence of postpartum energy restriction on energy status, plasma LH and oestradiol secretion and follicular development in suckled beef cows. *J Reprod Fertil*, 104:173-179.
32. Grummer RR and Carroll DJ (1988). A review of lipoprotein cholesterol metabolism: importance to ovarian function. *J Anim Sci*, 66:3160-3173.
33. González FHD (2000). Uso de perfil metabólico para determinar o status nutricional em gado de corte. En: González FHD, Barcellos JO, Ospina H,

Ribeiro LAO (Eds). Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 106 p.

34. Herrera JC, Tinoco JCM, Orozco KED (2012). Suplementación Grasa y su efecto sobre la Reproducción de Ruminantes. Reunión Bianual sobre Reproducción Animal. Temascaltepec de González, México. pp17-36.
35. Hess BW, Lake SL, Scholljegerdes EJ, Weston TR, Nayigihugu V, Molle JDC and Moss GE (2005). Nutritional controls of beef cow reproduction. *J Anim Sci*, 83:E90-E106.
36. Hoffman DP, Stevenson JS, Minton JE (1996). Restricting calf presence without suckling compared with weaning prolongs postpartum anovulation in beef cattle. *J Anim Sci*, 74:190-198.
37. Houghton PL, Lemenager RP, Horstman LA, Hendrix KS, Moss GE (1990). Effects of body composition, pre- and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning calf gain. *J Anim Sci*, 68:1438-1446.
38. Khireddine B, Grimard B, Ponter AA, Ponsart C, Boudjenah H, Mialot JP, Sauvart D, Humblot P (1998). Influence of flushing on LH secretion, follicular growth and the response to estrus synchronization treatment in suckled beef cow. *Theriogenology* 49, 1409–1423.
39. Kryls LJ, Hess BW (1993). Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. *J Anim Sci*, 71: 2546-2555.
40. Lake SL , Scholljegerdes EJ , Hallford DM, Moss GE , Rule DC, Hess BW (2006). Effects of body condition score at parturition and postpartum supplemental fat on metabolite and hormone concentrations of beef cows and their suckling calves. *J Anim Sci*, 84 (4): 1038–1047.
41. Lalman DL, Williams JE, Hess BW, Thomas MG, Keisler DH (2007). Effect of dietary energy on milk production and metabolic hormones in thin, primiparous beef heifers. *J Anim Sci*, 75: 2003-2008.
42. Lammoglia MA, Willard ST, Oldham JR and Randel RD (1996). Effects of dietary fat and season on steroid hormonal profiles before parturition and on hormonal, cholesterol, triglycerides, follicular patterns, and postpartum reproduction in Brahman cows. *J Anim Sci* 74:2253-2262.
43. León, HV, Hernández-Cerón J, Keisler DH and Gutierrez CG (2004). Plasma concentrations of leptin, insulin-like growth factor-I, and insulin in relation to changes in body condition score in heifers. *J Anim Sci* 82:445-451.

44. Lesniak MA, Hill JM, Kiess W, Rojeski M, Pert CB, and Roth J (1988). Receptor for insulin-like growth factors I and II: Autoradiographic localization in rat brain and comparison to receptors for insulin. *Endocrinology* 123:2089–2099.
45. Livingstone C, Lyall H, Gould GW (1995). Hypothalamic GLUT 4 expression: A glucose- and insulin-sensing mechanism? *Mol.Cell. Endocrinol.* 107:67–70.
46. Loundon A (1987). Nutritional effects on puberty and lactational infertility in mammals: some interspecies considerations. *Proceedings of the Nutrition Society*, 46: 203-216.
47. Lucy MC (2008). Repartición de los nutrientes y función reproductiva en vacas lecheras. Disponible en: www.producción-animal.com.ar. Fecha de consulta: 14 de Marzo 2012.
48. Marín AA, Tinoco MJC, Herrera CJ, Sánchez GL, Sánchez PVM, Solorio RJL y Garcia VA (2007). Reinicio de la actividad ovárica y nivel de metabolitos de lípidos en vacas lecheras suplementadas con aceite vegetal durante el posparto temprano. *Interciencia*. 32 (3): 180-184.
49. Meikle A, Kulcsar M, Chilliard Y, Febel H, Delavaud C, Cavestany D, Chilbroste P (2004). Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. *Reproduction*, 127: 727-737.
50. Montiel F, Ahuja C (2005). Body condition and suckling as factors influencing the duration of postpartum anestrus in cattle: a review. *Anim Reprod Sci.* 85 (1-2):1-26.
51. Ndlovu T, Chimonyo M, Okoh AH, Muchenje V, Dzama K, Raats J.G (2007). Assessing the nutritional status of beef cattle: current practices and future prospects. *African J Biotechnol*, 6 (24): 2727-2734.
52. Orcasberro R (1991). Estado corporal, control del amamantamiento y performance reproductiva de rodeos de cría. In: *Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva*. Trabajos presentados. Montevideo, INIA. (Serie Técnica no 13) p 158-169.
53. Poretsky L, Kalin MF (1987). The gonadotropic function of insulin. *Endocr. Rev.* 8:132–141.
54. Quintans G, Vázquez AI (2002). Efecto del destete temporario y precoz sobre el período posparto en vacas primíparas. *INIA. Actividades de difusión* 288, p: 110-122.

55. Quintans, G., Viñoles, C. and Sinclair, K (2004). Follicular growth and ovulation in postpartum beef cows following calf removal and GnRH treatment. *Anim Reprod Sci*, 80: 5-14.
56. Quintans G, Jiménez de Aréchaga C, Velazco I, Pereyra F, Briano D, López JA, Viana S y López C (2006). Efecto de la aplicación del destete temporario en funcion de la actividad ovárica durante el entore sobre el porcentaje de preñez en vacas de carne. 29 Congreso Argentino de Producción Animal, Mar del Plata, Argentina. (abstract No. 23).
57. Quintans G, Vázquez AI, Weigel KA (2009). Effect of suckling restriction with nose plates and premature weaning on postpartum anoestrous interval in primiparous cows under range conditions. *Anim Reprod Sci*, 116:10–18.
58. Quintans G, Banchemo G, Carriquiry M, López-Mazz C, Baldi F (2010). Effect of body contition and suckling restriction with and without presence of the calf on cow and calf performance. *Anim Prod Sci*,
59. Randel RD (1990). Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J Anim Sci*, 68:853-862.
60. Richards MW, Spitzer JC, Warner MB (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.
61. River C and Rivest S (1991). Effect of stress on the activity of the hypothalamic-pituitary-gonadal axis: peripheral and central mechanisms. *Biol Repr*, 45:523-532.
62. Rhoads RP, Kim JW, Leury BJ, Baumgard LH, Segole N, Frank SJ, Bauman DE, Boisclair YR (2004). Insulin increases the abundance of the growth hormone receptor in liver and adipose tissue of periparturient dairy cows. *J Nutr*, 134:1020–1027.
63. 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. *J Anim Sci*, 75:1909-1917.
64. Robson C, Aller JE, Callejas S, Cabodevila J y Alberio RH (2007). Factores que afectan el anestro posparto en bovinos. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar. Fecha de consulta 29 de Febrero 2012.
65. Roche JF, Crowe MA, Boland MP (1992). Postpartum anoestrus in dairy beef cows. *Anim Repr Sci*, 28:371-378.

66. Rubio GI (2005). Effect of postpartum nutrition on the onset of ovarian activity in beef cows. The Degree of Doctor of philosophy. Oklahoma State University, 169 p.
67. Sano H, Hayakawa S, Takahashi H and Terashima Y (1995 a). Plasma insulin and glucagon responses to propionate infusion into femoral and mesenteric veins in sheep. *J Anim Sci*, 73:191-197.
68. Sano H, Tano S, Takahashi H and Terashima Y (1995 b). Dose response of plasma insulin and glucagon to intravenous n-butyrate infusion in sheep *J Anim Sci*, 73:3038-3043.
69. Schallenberger E (1985). Gonadotrophins and ovarian steroids in cattle. III. Pulsatile changes of concentrations in the jugular vein throughout the oestrous cycle. *Acta Endocrinol* 109:312–321.
70. Short RE, Bellows RA, Staigmiller R, Berardinelli JG, Custer EE (1990). Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J Anim Sci*, 68: 799-816.
71. Sinclair, Kevin D y Molle, Giovanni y Revilla Delgado, Ricardo y Roche, James F. y Quintans, Graciela y Marongiu, María Laura y Sanz Pascua, Albi y Mackey, David R y Diskin, Michael G (2002). Ovulation of the first dominant follicle after day 21 post partum in suckling beef cows. *Anim Sci*, 75: 115-116.
72. Soca P, Barreto G y Pérez-Clariget R (2002). Efecto de la suplementación energética de corta duración y destete temporario sobre la performance reproductiva de vacas de cría en pastoreo. *Rev. Arg. Prod Anim* 22 (Supl, 1): 298-299.
73. Soca P, Olivera J, Rodríguez Irazoqui M, Martínez H Cal y Rubianes R (2005). Porcentaje de preñez y cambio de estado corporal de vacas de cría suplementadas con afrechillo de arroz y sometidas a destete temporario. Resúmenes 6to Simposio Internacional de Reproducción Animal. Córdoba, Argentina. IRAC. pp 456.
74. Soca PM, 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*, (3): 3-22.
75. Somoza G (2002). Eje hipotálamo-hipofisario. Hormona liberadora de gonadotrofinas (GnRH). En: Ungerfeld, R. *Reproducción en los animales domésticos*. Montevideo. Melibea. p: 15-21.

76. Spicer L, Echternkamp S (1995). The ovarian insulin and insulin-like growth factor system with an emphasis on domestic animals. *Dom Anim Endoc*, 12: 223-245.
77. Spitzer JC, Morrison GD, Wettemann RP, Faulkner LC (1995). Reproductive responses and postpartum and weaning weight as affected by body weaning weight as affected by body condition at parturition and postpartum weight gain in primiparous beef cows. *J Anim Sci*, 73:1251-1257. Disponible: <http://www.journalofanimalscience.org/content/73/5/1251>. Consultado 3 de Noviembre 2012.
78. Stagg K, Spicer LJ, Sreenan JM, Roche JF, Diskin MG (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.
79. Staples CR, Burke JM, Thatcher WW (1998). Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. *J Dairy Sci*, 81:856-871.7
80. Thomas MG, Bao B, and Williams GL (1997). Dietary fats varying in their fatty acid composition differentially influence follicular growth in cows fed isoenergetic diets. *J Anim Sci*, 75:2512-2519.
81. Villa-Godoy A, Hughes TL, Emery RS, Chapin LT, Fogwell RL (1988). Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 71(4):1063-1072.
82. Viñoles C, Meikle A, Repetto J, Cajarville C, Martín, GB, Forsberg, M. (2003). Siete días de suplementación con concentrados permite aumentar la tasa ovulatoria en ovejas corriedale. XXXI Jornada Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Montevideo. pp.144-145.
83. Viñoles C, Forsberg M, Martín GB, Cajarville C, Repetto J and Meikle A (2005). Short-term nutritional supplementation of ewes in low body condition affects follicles development due to an increase in glucose and metabolic hormones. *Reproduction* 129:299-309.
84. Viñoles C, Banchemo G, Quintans G, Pérez-Clariget R, Soca P, Ungerfeld R, Bielli A, Fernández Abella D, Formoso D, Pereira Machín M, Meikle A (2009). Estado actual de la investigación vinculada a la Producción Animal Limpia, Verde y Ética en Uruguay. *Agrociencia*, 3 (8): 59 – 79.
85. 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.

86. Vizcarra JA, Wettemann RP, Spitzer JC, Morrison DG (1998). Body condition at parturition and postpartum weight gain influence luteal activity and nonesterified fatty acids in plasma of primiparous beef cows. *J Anim. Sci*, 76(4): 927-936.
87. Warner and Spitzer (1983). Effect of postpartum nutrition on reproductive performance of beef cows. *J Anim Sci*. 57 (suppl 1): 44, Abstract.
88. Waterman R, Butler R (2010). Metabolic Signals of the beef Cows in negative Energy Balance. 2010. En Proc. 4th Grazing Livestock Nutrition Conference. B. W. Hess, T. Del Curto, J. G.P. Bowman and R. C. Waterman eds. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci., Champaign, IL, pp 93-103.
89. Wehrman ME, Welsh JR, and Williams GL (1991). Diet-Induced Hyperlipidemia in cattle modifies the intrafollicular cholesterol environment, modulates ovarian follicular dynamics, and hastens the onset of postpartum luteal activity. *Biol Reprod*, 45:451-522.
90. Wettemann RP and Bossis I (2000). Energy intake regulates ovarian function in beef cattle. Disponible en: <http://www.asas.org./JAS/symposia/proceedings/0934.pdf>. Consultado Agosto de 2012.
91. Wettemann RP, Lents CA, Ciccioi NH, White FJ, Rubio I (2003). Nutritional and suckling mediated anovulation in beef cows. *J Anim Sci (E.Suppl 2)*:E48-E59.
92. Williams GL (1990). Suckling as a regulator of postpartum rebreeding in cattle: a review *J Anim Sci*, 68:831-852.
93. Williams GL. and Stanko RL (1999). Dietary fats as reproductive nutraceuticals in beef cattle. *Proc Am Soc Anim Sci*, p 68.
94. Williams GL and Stanko RL (2000). Dietary fats as reproductive nutraceuticals beef cattle. *J Anim Sci*, 77:1-12.
95. Wittwer F (1996). Diagnostico de desbalances de energía y proteínas mediante el análisis de muestras de leche y su impacto productivo en rebaños lecheros. Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Centro Regional de Investigación Remehue Serie Remehue N° 64, 114 p.
96. Wittwer F (2000). Diagnostico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos. En: González FHD, Barcellos JO, Ospina H, Ribeiro LAO- Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 106 p.

97. Wright I, Rhind SM, Russel AJF, Whyte TK, McBean AJ, McMillen SR (1987). Effects of body condition food intake and temporary calf separation on the duration of the post-partum period and associated LH, FSH and prolactin concentrations in beef cows. *Anim Prod*, 45: 395–402.
98. Wright IA, Rhind SM, Whyte TK, Smyth AJ (1992). Effects of body condition at calving and feeding level after calving on LH profiles and the duration of the post-partum anoestrous period in beef cows. *Anim Prod* 55:41–46.
99. Yavas Y, Walton JS (2000). Acyclicity posparto en vacas de carne amamantado: una revisión. *Theriogenology* 54 (1):25-55.
100. Yoshida K, Murao K, Imachi H, Cao WM, Yu X, Li J, Ahmed RAM, Kitanaka N, Wong NCW, Unterman TG, Magnuson MA, Ishida T (2007). Pancreatic Glucokinase Is Activated by Insulin-Like Growth Factor-I. *Endocrinology* 148 (6): 2904-2913.
101. Zulu VC, Nakao T, Sawamukai Y (2002). Insulin-like Growth Factor-I as a Possible Hormonal Mediator of Nutritional Regulation of Reproduction in Cattle. *J Vet Med Sci*, 64 (8): 657-665.