

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA Y DEL SUMINISTRO DE SALES
ANIÓNICAS DURANTE EL PREPARTO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y
REPRODUCCIÓN EN VACAS HOLANDO EN PASTOREO**

Por

Daniela CRESPI
Juliana MEDIN
Macarena PIANA



TRABAJO FINAL presentado como uno de los
requisitos para obtener el título de Doctor en
Ciencias Veterinarias
(Orientación Producción Animal)

MONTEVIDEO
URUGUAY
2005

013 TG
Efecto de la su
Crespi, Daniela



TRABAJO FINAL aprobado por:

Presidente de Mesa:

Dr. José Repetto
Nombre completo y firma

Segundo Miembro (Tutor):

Dr. Daniel Cavestany
Nombre completo y firma

Tercer Miembro:

Dr. Gonzalo Uriarte
Nombre completo y firma

Co-tutor:

Dra. Ana Meikle
Nombre completo y firma

Fecha:

Autores:

Daniela Crespi Strauch
Nombre completo y firma

Juliana Medín Mattos
Nombre completo y firma

Macarena Piana Karlen
Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

A los Dres. Daniel Cavestany, Ana Meikle, Gonzalo Uriarte y Alberto Cirio.

A los Ing Agr. Alejandro La Manna, Alejandro Mendoza y Juan Mieres de INIA La Estanzuela.

A la familia López de INIA La Estanzuela.

El presente trabajo fue financiado parcialmente por el proyecto CSIC:

Efecto de diferentes dietas durante el período de transición (PT) sobre la producción y calidad de leche y sobre la eficiencia reproductiva de vacas lecheras en pastoreo

otorgado al Dr. Daniel Cavestany (año 2002)

y por el proyecto CIDEDEC:

Efecto de diferentes dietas durante el período de transición (PT) sobre la producción y calidad de leche y sobre la eficiencia reproductiva de vacas lecheras en pastoreo

otorgado a la Br. Daniela Crespi

por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA La Estanzuela)



Tabla de contenidos

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	VI
1. <u>RESUMEN</u>	1
2. <u>SUMMARY</u>	1
3. <u>INTRODUCCIÓN</u>	3
4. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	4
4.1 EL SECTOR LÁCTEO: IMPORTANCIA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	4
4.2 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE.....	5
4.3 LA VACA LECHERA EN TRANSICIÓN.....	6
4.4 METABOLISMO DE LA VACA LECHERA.....	7
4.4.1 <u>Metabolismo energético</u>	7
4.4.2 <u>Metabolismo nitrogenado</u>	8
4.4.3 <u>Metabolismo mineral</u>	8
4.4.3.1 Calcio.....	9
4.4.3.2 Fósforo.....	9
4.4.3.3 Magnesio.....	10
4.4.3.4 Balance catión-anión (BCA).....	10
4.5 REPRODUCCIÓN.....	11
4.6 MANEJO DE LA VACA LECHERA PREPARTO EN EL URUGUAY.....	12
4.7 ESTRATEGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
4.7.1 <u>Suplementación con concentrados energéticos en el parto</u>	13
4.7.2 <u>Adición de sales aniónicas a la dieta parto</u>	13
5. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	14
5.1 ANIMALES Y TRATAMIENTOS.....	14
5.2 ALIMENTACIÓN Y MANEJO PREPARTO.....	15
5.3 ALIMENTACIÓN Y MANEJO POSPARTO.....	15
5.4 DETERMINACIONES.....	16
5.4.1 <u>Consumo</u>	16
5.4.1.1 Técnica de determinación de consumo por cromo.....	16
5.4.2 <u>Condición corporal</u>	17
5.4.3 <u>Producción de Leche</u>	17
5.4.4 <u>Composición de la leche (grasa y proteína)</u>	17
5.4.5 <u>pH</u>	17
5.4.6 <u>Metabolitos y hormonas</u>	17
5.4.7 <u>Minerales</u>	18
5.4.8 <u>Pastura</u>	18
5.4.9 <u>Concentrado</u>	18
5.5 CONTROL PUERPERAL.....	19

5.6 MANEJO DEL SERVICIO	19
5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	19
6. <u>COSIDERACIONES METODOLÓGICAS</u>	20
6.1 CONSUMO.....	20
6.2 PERFILES METABÓLICOS.....	20
6.2.1 <u>¿Cuáles son los metabolitos que evalúan el balance energético?...</u>	21
6.2.1.1 Ácidos Grasos No Esterificados (NEFA).....	21
6.2.1.2 Betahidroxibutirato (BHOB).....	21
6.1.2.2 Colesterol.....	21
6.2.2 <u>¿Cuáles son los metabolitos que evalúan el metabolismo nitrogenado?</u>	22
6.2.2.1 Proteínas totales.....	22
6.2.2.2 Albúmina.....	22
6.2.2.3 Globulina.....	22
6.2.2.4 Urea.....	22
6.2.3 <u>¿Cuáles son los metabolitos que evalúan el metabolismo mineral?..</u>	23
6.2.3.1 Calcio.....	23
6.2.3.2 Fósforo.....	23
6.2.3.3 Magnesio.....	23
6.2.4 <u>Aspartato Amino Transferasa (AST)</u>	23
7. <u>RESULTADOS</u>	24
7.1 CONSUMO.....	24
7.2 EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL.....	26
7.3 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE.....	27
7.4 PERFILES METABÓLICOS.....	28
7.5 EFICIENCIA REPRODUCTIVA.....	33
8. <u>DISCUSIÓN</u>	35
8.1 CONSUMO.....	35
8.2 EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL.....	35
8.3 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE.....	35
8.4 PERFILES METABÓLICOS.....	36
8.5 EFICIENCIA REPRODUCTIVA.....	38
9. <u>CONCLUSIONES</u>	40
10. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	41
11. <u>ANEXO</u>	47
11.1 SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA PREPARTO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE Y REPRODUCCIÓN EN VACAS HOLANDO EN PASTOREO.....	47
11.1.1 <u>Resultados</u>	47

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

	Página
Cuadro I: Composición de los alimentos ofrecidos en el parto.....	15
Cuadro II: Composición de los alimentos ofrecidos en el posparto.....	16
Cuadro III: Detalle de los análisis para los metabolitos y progesterona.....	18
Cuadro IV: Indicadores reproductivos.....	34
Figura 1: Evolución del consumo de concentrado (panel superior), pastura más ensilaje (panel medio) y total (panel inferior).....	24
Figura 2: Evolución de la condición corporal.....	26
Figura 3: Producción semanal de leche (superior izquierda), leche corregida por grasa al 4% (superior derecha) y porcentajes de grasa (inferior izquierda) y proteína (inferior derecha).....	27
Figura 4: Concentraciones séricas de Ácidos Grasos No Esterificados (NEFA) y Betahidroxibutirato (BHOB).....	28
Figura 5: Concentraciones séricas de colesterol y Actividad de Aspartato Amino Transferasa (AST).....	29
Figura 6: Concentraciones séricas de albúminas, globulinas, proteínas séricas totales	30
Figura 7: Concentraciones séricas de urea.....	31
Figura 8: Niveles séricos de calcio, fósforo y magnesio.....	32
Figura 9: Evolución del pH urinario.....	33
Figura 10: Porcentaje de animales que ovularon antes o después de los 35 días posparto.....	33
Figura A: Evolución del consumo de concentrado (panel superior) pastura más ensilaje (panel del medio) y total (panel inferior).....	48
Figura B: Evolución de la condición corporal.....	49
Figura C: Producción semanal de leche (superior izquierda), porcentaje de grasa (superior derecha), leche corregida por grasa al 4% (inferior izquierda) y proteína (inferior derecha).....	49

Figura D: Concentraciones séricas de Ácidos Grasos No Esterificados (NEFA), Betahidroxibutirato (BHOB) y Colesterol.....	50
Cuadro V: Indicadores Reproductivos.....	52

1. RESUMEN

Se estudió el efecto de la administración de sales aniónicas y de la suplementación energética durante el parto tardío sobre parámetros productivos y reproductivos y perfiles metabólicos en vacas lecheras multíparas en condiciones pastoriles. Se utilizaron 48 vacas con partos de otoño distribuidas en 4 grupos con diferentes tratamientos parto: campo natural y heno de baja calidad (Control, C); 3.5 kg/día de maíz partido más heno de pradera (suplementado, E); administración de 250 g de sales aniónicas (S); suplementado y sales aniónicas (E+S). Luego del parto todos los animales recibieron la misma dieta. El período experimental comprendió las 3 semanas previas y las 7 posteriores al parto. El grupo S debió ser descartado debido al nulo consumo de sales por su baja palatabilidad. Los grupos E y E+S aumentaron la CC durante el parto temprano y posparto tardío e incrementaron el consumo posparto. El grupo suplementado con energía presentó una mayor producción de leche corregida por grasa, lo que fue consistente con niveles más altos de NEFA posparto indicando una mayor movilización grasa. Los niveles de BHOB aumentaron en el posparto para todos los grupos, sin diferencias entre tratamientos. El colesterol registró un importante aumento posparto en todos los grupos y los niveles fueron mayores en el grupo C, que además registró mayor actividad de Aspartato Amino Transferasa. Se registraron pocas diferencias en los perfiles minerales entre grupos. En los parámetros reproductivos, el grupo E+S tuvo un período de anestro más largo que el grupo E, posiblemente por una caída en el consumo. La suplementación parto mejoró la producción posiblemente debido a una mejor adaptación a la alimentación posparto. El uso de sales aniónicas, para prevenir dismetabolias debe ser evaluado cuidadosamente en nuestras condiciones pastoriles, a la luz de los presentes resultados.

Palabras clave: bovinos de leche, suplementación energética, sales aniónicas, producción, reproducción

2. SUMMARY

The study evaluated the effect of energy supplementation and anionic salts addition during the late prepartum period on productive and reproductive parameters in 48 multiparous Holstein cows, under grazing conditions with calvings in autumn. Treatments were: natural pasture and low quality hay (Control, C); 3.5 kg/day of cracked corn and high quality hay (Supplemented, E); addition of 250 g of a commercial anionic salt (S); supplemented plus anionic salts (E+S). After calving, all cows received the same diet. The experimental period was from 3 weeks prior to 7 weeks after parturition. Group S was discarded due to lack of ingestion of anionic salts (low palatability). Supplemented groups increased body condition score before and after calving, and increased consumption during the postpartum. Energy supplementation resulted in higher production of fat corrected milk, consistent with higher levels of NEFA in the postpartum, reflecting a greater fat mobilization. Levels of BHOB increased during the postpartum in all groups, without treatment differences. Cholesterol levels rose during the postpartum in all groups, with higher values in the Control, which had also greater activity of AST. There were a few treatment differences in the mineral concentrations.

Group E+S had longer anestrus period than group E, possibly due to a decreased consumption. The prepartum energy supplementation increased production due to a better adaptation to postpartum diet. According to these results, the use of anionic salts to prevent metabolic diseases in the postpartum period of cows under grazing conditions has to be carefully evaluated.

Key words: dairy cows, energy supplementation, anionic salts, production, reproduction



3. INTRODUCCIÓN

El período de transición (tres semanas previas y tres posteriores al parto) es un cambio dramático para el animal, donde se producen los mayores desbalances energéticos y metabólicos (Drackley, 1999). Durante la lactación temprana aumenta la actividad lipolítica en la vaca lechera, ya que el grado de lipólisis depende del potencial genético para la producción de leche y de la severidad del balance energético negativo (BEN) (McNamara y Hillers, 1986a). Este período es además cuando se originan la mayoría de las enfermedades metabólicas e infecciosas, clínicas o subclínicas, de las vacas lecheras (hipocalcemia, cetosis, acidosis, retención de placenta, metritis, mastitis) que van a tener luego un importante efecto en la producción y eficiencia reproductiva.

Los cambios que sufre la vaca en éste período se pueden reflejar en la concentración de algunos constituyentes sanguíneos, los cuales pueden ser detectados a través del uso de perfiles metabólicos durante el período preparto y posparto (Manston y col., 1975). Los niveles de ácidos grasos no esterificados (NEFA) en sangre durante las 2 últimas semanas de gestación dan una indicación práctica del nivel nutritivo de la vaca seca y su probable efecto en la posterior productividad (Whitaker y col., 1993), así como el betahidroxibutirato (BHOB) refleja una importante lipólisis y déficit energético (Von Gravert y col., 1986). La determinación de NEFA (Heuer y col., 1999; De Vries y Veerkamp, 2000), de BHOB (Andersson y col., 1991) y de urea (Butler y col., 1996, Reksen y col., 2002), así como los cambios en el porcentaje de grasa en leche se pueden utilizar para predecir el balance energético y la fertilidad en vacas de alta producción.

La administración de concentrados al final del período seco, le permite a los microorganismos ruminales adaptarse más rápidamente a las dietas altas en éstos luego del parto. Esta suplementación preparto, además, previene los desórdenes metabólicos posparto asociados con el uso de alta cantidad de granos permitiéndole una mejor utilización de los mismos en la lactación temprana (Curtis y col., 1985). Así, una mejor adaptación digestiva de las vacas lecheras al inicio de la lactancia, no sólo resulta en una mejor nutrición con eventual reducción en la severidad y/o duración del BEN, sino que disminuye los riesgos de enfermedades metabólicas especialmente la acidosis (Mee y col., 2000). El buen manejo nutricional durante el preparto puede mejorar la adaptación ruminal a la ingesta posparto y ayudar a que la vaca utilice menos sus reservas corporales.

Si bien la suplementación con concentrados en el último período preparto no afecta la condición corporal al parto (Grum y col., 1996) ni se evita su pérdida en la semana previa al parto (Cavestany y col., 2003), se observa un efecto positivo en la producción de leche en animales muy buenos productores (37 - 44 L) (Stockdale y Roche, 2002), y un aumento de la producción de grasa en leche (Keady y col., 2001). También tiene un importante efecto en el reinicio de la actividad ovárica. La deficiencia en energía es un problema en vacas en las primeras semanas de lactación, ya que pierden condición corporal (CC) y retardan el inicio de la ciclicidad normal posparto (Butler, 2000). Vacas con CC al parto menor de 3 presentan un anestro más prolongado, así como un intervalo al primer servicio más largo que vacas con CC mayor a 3 (Meikle y col., 2004).

En nuestro país no existen antecedentes de trabajos que involucren tratamientos nutricionales energéticos en la fase final de la gestación a pesar de los beneficios que se pueden obtener con los mismos. Esto es aún más relevante si se tiene en cuenta que es práctica tradicional destinar las vacas cercanas al parto a potreros que si bien facilitan el control del parto son de baja disponibilidad y mala calidad nutricional.

Al igual que los altos requerimientos energéticos que implica el inicio de la lactación, la vaca lechera también tiene altos requerimientos de minerales (fundamentalmente calcio, fósforo y magnesio) durante este período, debido a la continua excreción de los mismos en la leche. Cuando el organismo se ve incapacitado de satisfacer dichos requerimientos, se presentan algunas de las patologías mencionadas anteriormente. La mayoría de los desordenes minerales en la vaca lechera ocurren en el parto, y están directamente relacionados con el manejo nutricional durante el período seco, particularmente en las últimas semanas previas al parto (Oetzel, 2000). Una alternativa de manejo recomendada, es el uso de dietas aniónicas en el parto para prevenir la fiebre de leche. El potencial de la dieta para ser acidogénica o alcalogénica puede ser estimada calculando el balance entre cationes y aniones (BCA). Las dietas que contienen sales aniónicas inducen a una leve acidosis metabólica (Vagnoni y Oetzel, 1998). La adición de estas en las últimas 2 a 3 semanas parto tiene el potencial de mejorar significativamente la homeostasis del calcio en el parto (van Dijk y Lourens, 2001). Si bien se recomienda su uso en el parto, en la actualidad no existen estudios en nuestro país sobre el efecto del uso de sales aniónicas bajo condiciones de pastoreo.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

- A. Evaluar los efectos de una suplementación energética durante las 3 semanas previas al parto en la producción y composición de la leche, así como sobre la evolución de la condición corporal, los perfiles metabólicos y el reinicio de la actividad ovárica.
- B. Estudiar los efectos de la adición de sales aniónicas a la dieta parto en vacas multíparas sobre la concentración plasmática de calcio, fósforo y magnesio, que puedan ser indicativos de una mejor homeostasis mineral, de modo de prevenir alteraciones metabólicas.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 EL SECTOR LÁCTEO: IMPORTANCIA Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

La producción de leche en Uruguay ha crecido en más de un 300% en las últimas tres décadas, pasando de 400 a 1311 millones de litros anuales (DIEA, 2001), a la vez que el número de productores de leche descendió significativamente, desapareciendo más de 2000 productores en los últimos 20 años. Dado que el área dedicada a la lechería no ha aumentado mayormente durante este período, este cambio se debió fundamentalmente a un aumento en el tamaño de los predios. El aumento de la producción de leche ha estado basado fundamentalmente en una mejora en los índices de productividad promedio de los tambos en los que los litros por hectárea se

multiplicaron por 2 y los litros por vaca en ordeño y por vaca masa por 1.6 y 1.95 respectivamente (DIEA, 2001). Si bien se ha registrado un incremento en los niveles de suplementación (concentrado y forrajes conservados), la base del sistema de producción de leche en Uruguay sigue siendo esencialmente pastoril (más de un 70% de la dieta) y de ahí la importancia de optimizar los aspectos relacionados a la producción y utilización de forrajes (Chilibroste, comunicación personal 2003).

Las pasturas mejoradas representan el 43% del área lechera total y, dentro de ella, las praderas plurianuales representan el 58% y los cultivos anuales el 30% (incluyendo áreas de pastoreo y de producción de reservas de forraje) (DIEA, 2001).

La eficiencia de los sistemas pastoriles se determina por la producción de leche por unidad de superficie, a diferencia de los sistemas estabulados que priorizan la producción por vaca (Clark y Kanneganti, 1998).

La producción de leche sobre pastoreo controlado está sometida a cambios importantes en la alimentación tanto por la producción estacional de pasturas como por las grandes variaciones en costos de suplementos. Esto obliga al productor a adoptar decisiones a corto plazo para bajar los costos de producción y maximizar la producción de leche contribuyendo así a la rentabilidad de su empresa. Por último, el escaso conocimiento científico respecto a estrategias de alimentación y manejo de la vaca lechera en nuestras condiciones pastoriles no estimulan la competitividad del sector lechero.

4.2 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE

En nuestro país la producción de leche acompaña la curva de ofertas de pasturas y determina por tanto que la misma no resulte uniforme a lo largo del año (Chilibroste, 2003, comunicación personal). Es así que se presentan dos períodos de mayor producción: la primavera (el más importante) y fines de otoño a comienzo de invierno. Las pariciones de otoño generan dos picos de producción, el primero en las primeras semanas posparto que se da naturalmente en el animal y un segundo pico de menor magnitud, dado en primavera por una mejora en la alimentación debido a un aumento en la oferta de pasturas. El pico máximo de producción de leche se alcanza entre los 35 y 50 días posteriores al parto (Irigoyen, 1997).

Los componentes lácteos presentan una distribución característica durante las diferentes etapas de la curva de lactancia. La lactosa es quien determina el volumen de leche producida y su síntesis está íntimamente relacionada a la ingestión de alimentos, ya que la mayor parte de la lactosa proviene de la glucosa y ésta del ácido propiónico y aminoácidos absorbidos en el tracto digestivo. La misma se mantiene en niveles muy estables a lo largo de toda la lactancia (Bauman y Curie, 1980).

La producción de grasa en las primeras semanas de lactación coincide con la intensa lipomovilización, por lo que la misma puede usarse como un indicador del déficit de energía durante este período (de Vries y Veerkamp, 2000). A medida que la lactación avanza, la producción de grasa disminuye en forma paulatina al igual que la lipomovilización (Cirio y Tebot, 1998). Otro factor que afecta el porcentaje de grasa de la leche es el contenido de fibra de la alimentación, cuanto más fibra contenida en el alimento mayor será la producción de grasa. Un aumento en el nivel de reservas al fin de la gestación permite su movilización en mayor cantidad al comienzo de la lactación y tiende a provocar un incremento del contenido graso de la leche durante las primeras semanas. Una ración demasiado rica en concentrados al comienzo de la lactación, que

no estimula la rumia, puede resultar en una caída en el porcentaje de grasa (Schmidt y Van Vleck, 1974). El aumento del tenor graso de la leche que se registra al final de la lactancia, es debido a una disminución de la producción de leche.

La tasa de proteína en la leche depende por un lado del nivel de producción y por otro lado de la genética del animal. El 40% de las proteínas de la leche corresponde a las proteínas sobre pasantes provenientes de la dieta y el 60% restante es el producto de la proteína bacteriana formada en rumen. La altísima demanda de proteína láctea muchas veces no es satisfecha por la ingesta, siendo necesaria una movilización de las proteínas corporales. Esto sucede en las primeras semanas de lactación, cuando la producción es más abundante (Moorby y col., 2000). La contribución de proteína corporal a la producción de leche en las vacas lecheras no está clara todavía, a pesar de que el contenido proteico corporal varía durante todo el ciclo de lactación de manera parecida a como lo hacen los lípidos corporales (Belya y col., 1978; Gibb y col., 1992). Las proteínas de la leche son poco sensibles a las variaciones de la calidad de los alimentos. Su síntesis está regulada sobre todo por mecanismos hormonales y genéticos. Es así que las proteínas específicas son sintetizadas a partir de los aminoácidos libres de la sangre, mientras que las proteínas no específicas de la leche (inmunoglobulinas y albúmina sérica) provienen de la sangre por difusión. La concentración de éstas últimas varía mucho, siendo muy elevada en el calostro (Decaen y Ghadaki, 1970).

La alimentación correcta de la vaca de leche es uno de los factores fundamentales, porque tiene un marcado efecto en la producción de leche y la misma implica un alto costo de producción. El alimento ingerido afecta más a la cantidad de leche producida que a la composición, aunque una alimentación deficiente y prolongada resultará en una disminución de la producción láctea.

La producción de leche es el desafío metabólico más importante de los bovinos adultos que ha sido intensificado a consecuencia de la fuerte selección genética por producción. A continuación se describen los cambios más significativos que sufre la vaca lechera en transición, haciendo énfasis en las escasas referencias que existen sobre pastoreo controlado.

4.3 LA VACA LECHERA EN TRANSICIÓN

El período de transición es una etapa de cambios significativos tanto hormonales como metabólicos ya que pasa de un período de deposición de grasas durante la preñez tardía a uno de movilización de tejidos previo al comienzo de la lactación. Si los requerimientos energéticos no son satisfechos en el parto, la vaca está predispuesta a una serie de eventos que llevan a desórdenes metabólicos y eso afecta la productividad (Stockdale y Roche, 2002). Generalmente hay una disminución gradual del consumo de materia seca (MS) que comienza al inicio de dicho período, con un descenso dramático en la semana previa al parto, más precisamente en los últimos dos días (Grummer, 1995). Las causas de la disminución del consumo preparto no están bien aclaradas pero incluyen restricciones por el llenado del rumen y aumento en las concentraciones sanguíneas de estrógenos previo al parto (Stockdale y Roche, 2002). Dos factores que influyen el consumo de alimento preparto son, la CC y la composición de carbohidratos en la dieta (Grummer, 1995).

Durante los primeros meses de lactación se movilizan reservas corporales para poder cubrir el déficit generado debido al menor consumo. Pasado el pico de producción, el consumo alcanza su máxima expresión y las reservas comienzan a recuperarse. Luego del séptimo mes posparto, la vaca comienza a retener energía en sus depósitos grasos para la siguiente lactancia (Álvaro García, comunicación personal, 2004). En vacas de alta producción, las bajas reservas de grasa corporal al parto (baja CC) podría ser un factor limitante para que logren alcanzar su máximo potencial de producción (Waltner y col., 1993). Es así que, CC al parto baja se asocian con una reducción en la producción de leche. Vacas que llegan al parto con CC intermedias producen más leche que vacas en cualquiera de los dos extremos (Frood y Croxton, 1978).

En el periodo de transición la vaca se encuentra en BEN, ya que la cantidad de energía requerida para mantener la producción de leche supera la de la ingesta y debe movilizar nutrientes de las reservas corporales (Chilliard y col., 2000) y esto es visible en la pérdida de CC (Bauman y Currie, 1980). La severidad del BEN para cada vaca dependerá del potencial genético de producción, de las reservas corporales y de la ingesta de MS (Ingvarsen y Anderson, 2000). Así, el bajo consumo de MS ha sido identificado como limitante en la producción de leche en vacas de alta producción en sistemas pastoriles (Kolver y Muller, 1998).

Dado que los procesos biológicos que ocurren en la vaca lechera durante el periparto son complejos y tienen un gran impacto en los índices productivos y reproductivos y en la aparición de disfunciones metabólicas, se describen a continuación el metabolismo energético, nitrogenado y mineral en la vaca lechera durante este período.

4.4 METABOLISMO DE LA VACA LECHERA

4.4.1 Metabolismo energético

La lactación temprana es el período más crítico para el bovino y cuanto mayor es la producción de leche, mayor es el déficit energético que se genera. Los requerimientos de glucosa y energía metabolizable aumentan dos a tres veces desde las 3 semanas previas a las 3 semanas posteriores al parto (Drackley y col., 2001). Existe una relación directa entre el nivel de producción láctea en las primeras etapas de lactación y la intensidad de la desaparición de las reservas grasas (Cirio y Tebot, 1998).

La gran movilización grasa que ocurre en el preparto y posparto temprano se acompaña de una pronunciada elevación de NEFA. Esta movilización se traduce en una liberación brusca y masiva de energía contenida en los NEFA, su aumento antes del parto es el resultado de la disminución de la ingesta de MS en este período (Vazquez-Añón y col., 1994; Grum y col., 1996). Durante el período de BEN las concentraciones de glucosa descienden, lo que es contrarrestado por la movilización de NEFA del tejido adiposo estimulada por la falta de fuente de glicerol (Herdt, 2000).

Durante la lactación, la entrada de los NEFA al hígado es libre y está en función directa a sus concentraciones plasmáticas. En el hepatocito éstos son oxidados o reesterificados formando triacilglicéridos, éstos últimos se depositan en el hígado o son liberados a la circulación en las lipoproteínas de muy baja densidad (Cirio y Tebot, 1998). La capacidad del hígado para oxidar completamente los NEFA es limitada especialmente si el aporte de glucosa es bajo (Stockdale y Roche, 2002). Una de las primeras consecuencias es el acumulo de Acetil CoA y estímulo de cetogénesis que se

evidencia por aumentos plasmáticos de BHOB. Los niveles de beta-hidroxibutirato (BHOB) en plasma están bajos al parto, aumentando rápidamente en la primer semana posparto para disminuir luego aunque se mantienen niveles más altos que en el preparto (Meikle y col., 2004). Si la entrada de NEFA supera la capacidad de oxidación o de exportación de los mismos, el acumulo de triacilglicéridos en el hígado provoca diferentes disfunciones que se reflejan en la bioquímica sanguínea (hipocolesterolemia, hipoalbuminemia, aumento de enzimas hepáticas). Por lo tanto, los bajos niveles de colesterol alrededor del parto pueden relacionarse con movilización grasa debido a la deficiencia de energía (Ghergariu y col., 1984). El exceso de NEFA, predispone a la vaca a los síndromes de cetosis e hígado graso (Stockdale y Roche, 2002). Estos desordenes metabólicos y los problemas de salud son comunes durante este período y pueden disminuir el potencial individual de la vaca en lactación (Drackley, 1999).

4.4.2 Metabolismo nitrogenado

La disminución del consumo durante las últimas tres semanas de gestación reduce la cantidad de proteínas que pasan al intestino, ya sea provenientes de la alimentación como de origen microbiano (Stockdale y Roche, 2002).

La reducción simultánea en proteínas, globulinas y urea en los días antes del parto se asocia con esta disminución en la ingesta (Bauchart, 1993) y puede estar asociada también al secuestro de globulinas por la ubre al aumentar la producción de calostro (Kehrlí y col. 1989). En este momento los requerimientos de proteína deben ser cubiertos aunque la vaca se encuentre en BEN (Weaver, 1987). Durante las primeras semanas posparto la proteína es movilizada a una alta tasa pero las reservas proteicas se terminan aproximadamente a las cuatro semanas posteriores al parto. En general las reservas proteicas comienzan a depositarse nuevamente entre las cuatro y ocho semanas posparto (Gibb y col., 1992), coincidiendo con el aumento de ingesta de MS en este período (Manston y col., 1975).

Dietas con un 16% a 20% de proteína cruda para vacas en lactación temprana maximizan la digestibilidad y mejoran la utilización de todos los elementos de la dieta. También minimizan la pérdida de CC y tienden a resultar en un aumento de producción de leche (Weaver, 1987). Vacas con dietas pobres en proteína compensan en parte el déficit a través de la movilización de sus reservas corporales y la disminución de la eliminación renal de urea, lo que se refleja en pérdidas de peso, CC y disminución de la producción láctea (Wittwer y col. 1987).

El exceso de proteína en dieta debe ser evitado porque implica un alto costo de energía para la detoxificación del NH_4 . Para poder utilizar este exceso de amonio los microorganismos ruminales deben disponer de cantidades adecuadas de energía las cuales deberían ser aportadas por la dieta (Ferguson y Chalupa, 1989). La eliminación de N con la orina significa una pérdida potencial de proteínas y, por consiguiente, una disminución de la producción de leche del animal (Cirio y Tebot, 1998).

4.4.3 Metabolismo mineral

Además de proteínas, grasas y carbohidratos, la vaca lechera en producción tiene requerimientos incrementados de minerales (Ca, P y Mg principalmente).

La determinación de estos minerales se realiza debido a su importancia en la etiología de ciertas enfermedades del preparto y posparto.

4.4.3.1 Calcio

La concentración de calcio iónico (Ca) en plasma sanguíneo está bajo un elaborado control homeostático en el que intervienen hormonas; esto resulta en un pool rápidamente disponible que puede ser usado para la deposición en el hueso fetal y materno y para la producción de calostro y leche (McNeill y col., 2002).

La homeostasis del Ca está regulada por la calcitonina, la paratohormona (PTH) y el 1,25 dehidroxicolecalciferol ($1,25(\text{OH})_2$). La calcitonina se libera de la tiroides en respuesta a la hipercalcemia. Reduce la resorción ósea y aumenta la excreción urinaria de Ca^{++} (Hollis y col., 1981, Shappell y col., 1987). La PTH, sintetizada en la paratiroides, se libera en respuesta a la hipocalcemia estimulando la $1,25(\text{OH})_2$, la que a su vez se forma en el riñón a partir de la vitamina D (Goff, 2000).

La calcemia normal en un animal es de 10 mg/dl (Capen y Rosol, 1989). Para mantener este valor tomando en cuenta las pérdidas mayores de Ca que se dan por heces, leche (1 a 1.1 g/L) y calostro (1.7 a 2.3 g/L), la vaca debe reponer el Ca perdido con la mayor eficiencia posible, absorbiéndolo de la dieta en el intestino delgado o movilizándolo del hueso.

Vacas en transición movilizan Ca del hueso para restituir el balance negativo del mismo que ocurre al final de la preñez y al inicio de la lactación. Este proceso demora tres a cuatro días, lo que determina que sea el período de mayor riesgo para que se produzca la hipocalcemia o fiebre de leche (McNeill y col., 2002). La hipocalcemia es comúnmente encontrada en nuestros sistemas de producción aunque con menor incidencia que en sistemas en confinamiento. Se da al inicio de la lactación cuando el calcio es drenado de la sangre para la síntesis de calostro y no es reemplazado suficientemente rápido por la absorción intestinal, la resorción ósea y la reabsorción en el riñón (Block, 1996). Esta patología provoca muchos inconvenientes al productor no sólo por el costo de los tratamientos sino también por la complicación que ocasiona el manejo de los animales afectados en el establecimiento. Los signos clínicos de la hipocalcemia incluyen distocia, disminución del apetito, prolapso uterino, retención de placenta, metritis, desplazamiento de abomaso, y existe aproximadamente ocho a nueve veces mayor riesgo de desarrollar cetosis y mastitis. El Ca es también crítico para la contracción muscular y la relajación, esto puede en parte explicar los signos clínicos de las dificultades del parto, retención de placenta, inactividad y decúbito lateral. La mayor incidencia de hipocalcemia en vacas multíparas puede deberse a una mayor producción de leche, por lo tanto un aumento en la excreción de Ca en la misma o a una menor respuesta de la PTH que disminuye la movilización del hueso (Hanai y col., 1990).

4.4.3.2 Fósforo

Los niveles de fósforo (P) en sangre en la vaca lechera van de 4 a 8 mg/dl, siendo su excreción en leche 1g/L, (Goff, 2000). El fósforo no tiene una regulación hormonal propia, es influenciado por la PTH y la calcitonina a través de la respuesta de las mismas al Ca. La absorción en el intestino delgado se logra por regulación renal de

vitamina D, esta vitamina no responde a las variaciones del fósforo, sino a las del Ca a través de la PTH y su influencia en la hidroxilación renal. La relación óptima de Ca/P en rumiantes debe ser no menor de 1/1 (Capen y Rosol, 1989). La hipofosfatemia persistente causa síndrome de vaca caída, a diferencia de la hipocalcemia, las vacas se encuentran alertas y son incapaces de levantarse (Blood y Radostits, 1992). El exceso de P en la dieta aumenta la concentración del mismo en plasma produciéndose hiperfosfatemia, lo que inhibe la acción de la PTH en el tejido renal, también estimula su síntesis, aunque este tejido está insensible a la misma (McNeill y col., 2002).

4.4.3.3 Magnesio

La concentración de magnesio (Mg) en sangre es de 2.4 mg/dl (Capen y Rosol, 1989), y es absorbido en el epitelio ruminal vía transporte tanto pasivo como activo. Las pérdidas se dan a través de la secreción de leche (9.8 mg/100g) (Pennington y col, 1987) y por pérdidas endógenas. Una buena productora puede perder de 3 a 4 g/día en leche, que representa una gran proporción del Mg absorbido a través del tracto gastrointestinal (Capen y Rosol, 1989) y este es gran proporción del Mg disponible ya que no hay reservas en hueso como sí las hay para Ca y P.

Si la excreción es mayor que la absorción, ocurre entonces hipomagnesemia. El magnesio no es regulado por hormonas específicas (como en el caso del Ca y P) dependiendo totalmente de su absorción en el tracto gastrointestinal (Martens y Schweigel, 2000). Su déficit produce una disminución en la actividad de la PTH y la subsecuente falla en la regulación del Ca sérico, lo que no permite mantener la homeostasis del Ca, predisponiendo a la vaca a tener fiebre de la leche al parto (Guard, 1997; Goff, 2000; McNeill y col., 2002).

Las bajas concentraciones de Mg a medida que se acerca al parto pueden resultar de la aumentada lipólisis normalmente asociada al final de la gestación. La lipólisis puede estar asociada con la hipomagnesemia porque la movilización grasa resulta en la redistribución de Mg en los adipocitos (Soder y Holden, 1999).

4.4.3.4 Balance catión-anión (BCA):

El BCA es la diferencia entre aniones y cationes. Se utiliza para estimar el potencial de una dieta, en ser ácida o alcalina (Oetzel, 2000).

$$\text{BCA (mEq)} = (\text{Na}^+ + \text{K}^+) - (\text{Cl}^- + \text{S}^-)$$

Es la carga de estos electrolitos la que afecta el equilibrio ácido básico y tienen una relación con el metabolismo del Ca (Troncoso, 1999).

Estos minerales se utilizan en éste cálculo, ya que su importancia en el metabolismo de los rumiantes radica en su indirecta participación en el equilibrio osmótico, en el balance ácido-base y en la integridad y el mecanismo de las bombas de la membrana celular.

La mayoría de los desordenes minerales en la vaca lechera ocurren en el periparto, y están directamente relacionados con el manejo nutricional durante el período seco, particularmente en las últimas semanas previas al parto (Oetzel, 2000). Cuando durante el parto las vacas son alimentadas con un exceso de cationes relativo a los aniones, el hueso no puede responder (no es sensible) a las hormonas mediadoras de la

resorción, en un medio alcalino (Block, 1996). Es así que generando un medio ácido la respuesta de la vaca va a ser movilizar y absorber más Ca en un intento de ejercer una acción buffer en el ácido de la sangre y entonces los mecanismos requeridos para el máximo aporte de Ca estarán activos al momento del parto (Townsend, 2003).

El K es el catión más importante en forrajes y granos de cereales. Niveles mayores de 150 g/día pueden aumentar el riesgo para que se produzca la fiebre de la leche en sistemas pastoriles (Guard, 1997, McNeill y col., 2002). El K induce a la hipocalcemia ya que su nivel medio en los forrajes normalmente excede los requerimientos, esto altera el balance ácido-base en el metabolismo hacia la alcalosis (McNeill y col., 2002). La misma atenúa la respuesta a la hipocalcemia reduciendo la sensibilidad del hueso y el tejido renal a la PTH (Goff, 2002).

4.5 REPRODUCCIÓN

La presión genética a favor de la producción de leche ha llevado a alterar las concentraciones de las hormonas metabólicas que dirigen el flujo de nutrientes a varios tejidos y órganos (Bauman y Currie, 1980). Los cambios en las concentraciones de metabolitos y hormonas durante el posparto representan las primeras señales que regulan la función reproductiva. Es así que el retorno a la ciclicidad posparto en la vaca lechera está interrelacionado con el metabolismo del animal en ese período (Butler, 2000). A nivel nacional, Meikle y col. (2002) y Cavestany y col. (2000) han reportado una asociación entre la condición corporal al parto y el reinicio de la actividad ovárica. El mayor o menor intervalo del retorno a la ciclicidad posparto se da según la magnitud del BEN durante las tres primeras semanas de lactancia, lo que puede estimarse por medio de la determinación de la CC. Más que la condición corporal en sí, las importantes pérdidas de esta condición son las que afectan la eficiencia reproductiva (Cavestany y col., 2003). Debido a que casi todas las vacas pierden CC en el posparto es que deben llegar al parto en buena condición, recomendándose en la bibliografía extranjera, un grado de 3.25 a 3.75 (Thatcher y Wilcox, 1973) basado en la escala del 1 a 5 (Edmonson y col., 1989). Asimismo, cuanto mayor sea la pérdida de la CC, más tiempo demorarán las vacas en comenzar a ciclar. Esto está regulado por el BEN en el posparto temprano (Butler, 2000). Vacas con BEN más severo durante los 9 primeros días posparto, todavía tienen disminuidos los niveles de progesterona durante el tercer ciclo estral (Villa-Godoy y col., 1988) y esto corresponde al inicio del periodo de servicios. El comienzo de los ciclos estrales está inversamente relacionado con la ocurrencia del máximo BEN, cuanto más rápida sea la recuperación del balance energético, las vacas comenzarán a ciclar y se preñarán más pronto (Butler, 2000). Canfield y Butler (1990) demostraron que el balance energético afecta la secreción de gonadotrofinas, ya que la restauración de la secreción pulsátil de LH ocurre tres días luego de alcanzar el nadir del BEN manteniéndose hasta la primer ovulación (10 a 14 días luego del nadir). Es sabido que el BEN durante la lactación temprana lleva a una disminución en la tasa de concepción. Trabajos en condiciones de estabulación (Butler y Smith, 1989) encontraron que animales con una pérdida de menos de 0.5 puntos durante las primeras 5 semanas posparto tuvieron al primer servicio tasas de concepción del 65%, mientras que vacas que perdieron 0.5 a 1 o más de 1 punto tuvieron una concepción de 53% y 17% respectivamente. Se puede decir entonces que el BEN que sufre la vaca

durante el período de transición, afecta a la futura reproducción a través de dos mecanismos fundamentales: el retorno a la ciclicidad posparto y la concepción.

4.6 MANEJO DE LA VACA LECHERA PREPARTO EN EL URUGUAY

En el Uruguay, las vacas secas son destinadas a los potreros de menor calidad del establecimiento en lo que respecta a forraje, ya que los potreros con buen forraje se priorizan para las vacas lactantes y a veces hasta para la reposición antes que para las vacas secas. Generalmente éstos potreros son en base a campo natural y no es frecuente que las vacas se suplementen. Cuando esto ocurre, por lo general se les suministra heno de baja calidad. Una alimentación inadecuada de la vaca en el período seco tiene efectos negativos sobre el animal que pueden provocar desde una producción de leche inferior a la que podría alcanzar de acuerdo a su potencial genético y nivel de nutrición posparto, hasta desarreglos metabólicos que ocasionen su muerte (Irigoyen, 1997).

La posibilidad de alcanzar un alto nivel de producción inmediatamente después del parto va a depender en gran medida de las reservas corporales que tenga la vaca en ese momento, las que a su vez dependen de la alimentación durante el periodo seco.

El BEN ocurre ya antes del parto, debido a la gran demanda de la vaca y a su limitada capacidad de consumo. Para amortiguar el efecto del BEN es imprescindible lograr una buena CC al parto, para lo cual las vacas deben mantenerse o ganar peso durante el período seco.

A pesar de que los mecanismos fisiológicos que sufre la vaca lechera para poder adaptarse a los requerimientos de lactación deberían ser básicamente similares en los diferentes sistemas productivos, las demandas energéticas debidas al pastoreo pueden modificar las grandes transformaciones que ocurren en este período. Más aún, la ingesta de materia seca en nuestros sistemas productivos es usualmente más baja que los sistemas confinados y puede ser insuficiente para sostener la alta producción de leche que puede obtenerse con el potencial genético existente.

Estas diferencias hacen difícil extrapolar resultados obtenidos en condiciones de estabulación a nuestra realidad productiva. Hay muy pocas publicaciones sobre manejo de la vaca en transición en condiciones pastoriles y ninguna sobre el uso de sales aniónicas en nuestro país.

4.7 ESTRATEGIA DE LA INVESTIGACIÓN:

El manejo de la empresa lechera requiere actualmente que el productor rural busque nuevas tecnologías para mantener la eficiencia de la producción e incrementar la rentabilidad anual de la empresa. Dentro de esto un adecuado manejo del preparto es muy importante, dado que tiene un gran impacto en la eficiencia productiva y reproductiva durante el posparto. Como se mencionó anteriormente la falta de conocimiento generado respecto al periodo preparto de la vaca lechera en nuestros sistemas productivos no permite consolidar métodos de manejo para el sector productivo. En especial, se destaca la necesidad de un buen manejo de concentrados energéticos para compensar la disminución fisiológica de la ingesta durante este período y la suplementación de sales aniónicas para prevenir disfunciones del metabolismo mineral. Este ultimo caso aun más agravado ya que se recomienda el

uso de estas sales en la prevención de la fiebre de leche sin existir estudios que demuestren la necesidad de las mismas en nuestras condiciones pastoriles.

4.7.1 Suplementación con concentrados energéticos en el parto

En el parto se busca, por medio de la suplementación, lograr una buena adaptación ruminal y evitar que la vaca utilice sus reservas corporales. El suplementar con energía en el periodo seco es una herramienta para lograr la CC ideal al parto. Una función importante de los concentrados es suplir la energía adicional requerida para la alta producción de leche, que no puede ser obtenida de los forrajes. Cualquier mezcla de concentrados que cubra los requerimientos de energía, proteínas y minerales y sea palatable, es satisfactorio para la producción de leche (Schmidt y Van Vleck, 1974). El aumento de consumo de carbohidratos fácilmente fermentables, aumenta la producción de ácido propiónico ruminal, esto aumenta la glucosa hepática y disminuye la depleción de glucógeno hepático durante la transición, esto puede reducir la severidad de la acumulación de triglicéridos hepáticos y disminuye la incidencia de cetosis (Grummer, 1993). Las consecuencias patológicas de la lipomovilización pueden ser atenuadas aumentando la relación concentrado/forraje de la ración. Se recomienda una dieta de tipo fibrosa dos a tres semanas previas al parto y el suministro de concentrados con buen nivel energético. Un mayor consumo de energía puede lograrse con la administración de concentrados, por su mayor valor energético por unidad de MS, además de su mayor digestibilidad. Los concentrados, además, ocupan menos volumen en el tracto digestivo y son generalmente más palatables que los forrajes (Schmidt y Van Vleck, 1974).

4.7.2 Adición de sales aniónicas a la dieta parto

El objetivo de los tratamientos con sales aniónicas es disminuir la incidencia de fiebre de leche. Es ampliamente aceptado que si se suprimen de la dieta alimentos ricos en Ca en los últimos treinta días de gestación, mejora la capacidad de respuesta a la disminución de Ca sanguíneo debido al flujo del mismo hacia la glándula mamaria al inicio de la lactación (McNeill y col., 2002). Con esta práctica, los niveles sanguíneos de PTH se elevan y, por consiguiente, puede haber una mejor absorción intestinal del Ca de la dieta y una remoción más efectiva del Ca de los huesos, estimulando la reabsorción de los túbulos renales, mediada por la producción renal de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ (Goff, 2000).

Por otra parte, en vacas alimentadas sobre la base de pasturas, reducir el Ca en la dieta a los niveles recomendados puede ser difícil de lograr, dada la relativa alta concentración de K en los forrajes.

Por ello se recomienda la administración parto de dietas aniónicas que sensibiliza al hueso a las hormonas mediadoras de la resorción ósea (Block, 1996). Esto previene una disminución de Ca sanguíneo al inicio de la lactación por uno o más de los siguientes mecanismos: aumento del nivel de la movilización ósea de Ca directamente; aumento de la movilización ósea del Ca indirectamente vía aumento de excreción (retención disminuida) de Ca; aumento de la absorción intestinal de Ca (McNeill y col., 2002).

Las sales aniónicas deben ser administradas en el alimento por lo menos por 5 días previos al parto para recibir un beneficio máximo (Oetzel, 2000) pero en la práctica se dosifican desde la tercera semana previa a la fecha esperada de parto, la cual puede ser variable. Un problema que tienen las sales es que tienen baja palatabilidad, por eso deben ser mezcladas con por lo menos 2.5 Kg. de una mezcla de granos y aún así la palatabilidad puede estar disminuida (Oetzel, 2000). Las sales aniónicas han probado su efectividad en condiciones de confinamiento (Soder y Holden, 1999), pero en condiciones pastoriles como las nuestras no se han descrito beneficios en el uso de las mismas. Esto puede ser resultado de que en estas condiciones, las vacas lecheras normalmente consumen dietas catiónicas (porque las plantas toman un exceso de potasio del suelo) y están en una leve alcalosis compensada. Es mejor corregir las deficiencias del manejo alimentario, antes de adicionar sales aniónicas a la dieta (Oetzel, 2000).

Está claro entonces, que el período de transición de la vaca lechera, es un momento clave donde el animal se prepara para la futura lactación. Es aquí donde podemos provocar los mayores impactos tanto productivos como reproductivos, al optimizar la respuesta endocrina del animal, logrado a través de un manejo racional de la alimentación.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 ANIMALES Y TRATAMIENTOS

El diseño se realizó en INIA La Estanzuela, Colonia y se utilizaron 48 vacas Holando multíparas con partos previstos para otoño. A los 28 días previos al parto previsto, los animales fueron separados del lote, identificados y asignados aleatoriamente en base a condición corporal y duración del período seco a cuatro grupos de tratamiento (n=12 por grupo):

1. Control (C), alimentación en base a pastoreo en campo natural, con una composición básicamente de gramíneas y heno de pradera de baja calidad ad libitum.
2. Sales aniónicas (S), alimentación en base a pastoreo en campo natural, con una composición básicamente de gramíneas y heno de pradera de baja calidad ad libitum y al cual se le adicionó sales aniónicas (250 g).
3. Energía (E), alimentación en base a pastoreo en campo natural, heno de pradera de buena calidad ad libitum, con suplementación energética consistente en 3.5 kg/día de maíz partido (8.5% de proteína cruda y 1.96 Mcal/Kg MS)
4. Energía con sales aniónicas (E + S) alimentación similar al grupo anterior, pero con el agregado de 250 g de sales aniónicas.

Se utilizaron sales aniónicas comerciales: Nutritec (Grappiolo, Montevideo, Uruguay) compuestas por: Azufre 5.9%, Magnesio 4.5%, Cloro 32.9%, Nitrógeno 13% y saborizante 1%.

5.2 ALIMENTACIÓN Y MANEJO PREPARTO

Los animales se dividieron en 2 potreros, en uno se ubicaron los grupos sin suplementación energética (C y S) y en el otro los grupos suplementados (E y E+S). Los potreros tenían una superficie de 2 hás cada uno. La pastura consistió en campo natural mejorado. Cada potrero tenía un bebedero y un aro en el cual se les suministraba el heno ad-libitum. (Cuadro I).

La suplementación energética y la administración de sales aniónicas comenzó a los 21 días previos al parto previsto y se realizó en comederos individuales en la sala de ordeño una vez al día, a las 7:30 hs. El consumo de concentrado se controló individualmente determinando la cantidad ofrecida y rechazada para cada animal. A todos los tratamientos se les suministraron 15 grs. de sesquióxido de cromo diarios junto con el concentrado desde el día -21 preparto.

Las sales aniónicas se administraron mezcladas en el concentrado en las dietas de alta energía y con un vehículo en el grupo (S). Dada la baja palatabilidad de las sales aniónicas, se utilizaron diferentes vehículos (melaza, 500 g de concentrado, silo) pero aun así el rechazo fue mayor al 90 %.

Cuadro I. Composición de los alimentos ofrecidos en el preparto (% Materia seca)^a

TIPO	DMO ¹	PC ²	FDN ³	FDA ⁴
Pastura Campo Natural	57.40	11.84	58.21	34.74
Fardo de Pradera	54.51	12.41	60.12	47.22
Fardo de alfalfa	52.84	16.55	56.27	48.07
Grano de maíz	81.96	8.51	20.92	7.66

^a: Análisis realizado en el Laboratorio de Nutrición de INIA La Estanzuela

1: Digestibilidad materia orgánica

2: Proteína cruda

3: Fibra detergente neutra

4: Fibra detergente ácida

5.3 ALIMENTACIÓN Y MANEJO POSPARTO

Luego del parto, los animales se integraron al rodeo general del tambo y la alimentación fue la misma para todas las vacas, independientemente del tratamiento preparto. La misma consistió en pastoreo restringido en diferentes praderas con combinación de leguminosas y gramíneas durante la mitad del día, y la otra mitad en potreros de descanso con campo natural donde se le administraba silo de maíz en comederos. El silo de maíz (12kgs/MF/día) se administró en una sola comida posterior al ordeño de la tarde. Se administraron 4 Kg. de un concentrado comercial (19% PC y 1.7 ENL), el cual se dividió en los dos ordeños (2 Kg por vez) al cual se le agregaron los 15 grs. de sesquióxido de cromo hasta el día +21 posparto. (Cuadro II).



Cuadro II: Composición de los alimentos ofrecidos en el posparto (% Materia seca)

TIPO	DMO	PC	FDN	FDA
Concentrado	76.96	19.29	28.26	14.08
Silo de maíz	73.89	6.20	41.14	28.30
Praderas (promedio) ¹	62.50	15.70	52.40	38.30

¹: Se realizó un promedio, ya que los animales pastorearon en diferentes praderas. Se tomaron muestras de todas y se promediaron sus valores.

5.4 DETERMINACIONES

5.4.1 Consumo

El consumo individual de forraje se determinó mediante el uso de cromo como marcador indigestible (Galyean y Estell, 1996). El % de cromo en heces fue determinado por espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer 3300, U.S.A.) en el Laboratorio de Suelos de INIA La Estanzuela. Se dosificaron diariamente los animales con 15 g de sesquióxido de Cromo mezclados con el alimento desde el día -21 hasta el +21.

Se recogieron heces durante 4 días consecutivos a partir de los días -14, -7, 0, +7, +14, +21. Esto se realizó previo al ordeño tomando muestras directamente del recto de los animales. Las muestras se secaron en estufa a 100 °C, se molieron y se realizó un pool con las muestras de los cuatro días consecutivos. Cuando se obtuvieron valores inconsistentes en esas muestras agrupadas, se analizaron las muestras individuales correspondientes a esos 4 días.

5.4.1.1 Técnica de determinación de consumo por cromo

Como el marcador no es absorbido, es posible calcular el consumo a través de la dosificación del marcador en las heces, según los siguientes cálculos:

$$\text{Consumo} = \text{heces totales por día} / \text{indigestibilidad (\%)}$$

El total de heces se calcula por la concentración del marcador en las mismas.

La indigestibilidad se calcula a partir de la digestibilidad de la pastura –dato calculado a partir de los animales canulados- con la siguiente fórmula:

$$\text{Indigestibilidad} = (1 - \text{digestibilidad})$$

Para el cálculo de digestibilidad se usó un animal canulado que no se incluyó en el número total de animales pero integró el grupo del ensayo. Cada vez que los animales cambiaban de potrero, al animal canulado se le vaciaba el rumen, y se lo hacía pastorear por 2 horas con el grupo. Luego se le volvía a vaciar el rumen y se le sacaba una muestra del contenido, la cual que se utilizaba para evaluar la digestibilidad de la pastura.

5.4.2 Condición corporal

Se evaluó semanalmente, utilizando la escala de 1 a 5 de Edmonson y col. (1989), desde los 21 días previos al parto hasta los 50 días posteriores, por el mismo observador.

5.4.3 Producción de Leche

Se midió producción de leche de cada ordeño diariamente durante los primeros 28 días posparto y para el análisis de los resultados se realizó un promedio de las siete medidas obtenidas en la semana. A partir de la cuarta semana se realizó un control semanal.

5.4.4 Composición de la leche (grasa y proteína)

Los porcentajes de grasa y proteína se determinaron a partir de una muestra compuesta individual de 4 ordeños consecutivos en cada semana durante los primeros 21 días y luego se realizaron controles mensuales. La composición se analizó en el Laboratorio de Leche de INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay, mediante el método Mojonnier para grasa y método Kjeldahl para proteína. Se utilizó un equipo Bentley 2000 (Bentley Instruments Inc.Chaska, MN 55318, USA)

5.4.5 pH

El pH se determinó en orina semanalmente durante el período de transición con pHmetro en base a muestras obtenidas a través de masaje perineal, tomadas previo al tratamiento en el parto y previo a la suplementación con concentrados de los animales en el posparto.

5.4.6 Metabolitos y hormonas

Se extrajeron muestras de sangre por punción de la vena yugular para la determinación de los perfiles metabólicos y progesterona. Estas se obtuvieron semanalmente a partir del día 28 parto hasta el día 35 posparto, posteriormente el sangrado se realizó cada 15 días hasta los 120 días. Estas muestras se obtuvieron antes de la administración del suplemento durante el parto y antes del ordeño de la tarde en el posparto. Se centrifugaron y el plasma se almacenó a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Los metabolitos se determinaron en el DILAVE, Miguel C Rubino, Pando, Uruguay; la progesterona fue determinada en el Laboratorio de Bioquímica, Facultad de Veterinaria, Uruguay.

La bioquímica sanguínea fue analizada por las siguientes metodologías calorimétricas, según se presenta en el Cuadro III.

Cuadro III. Detalle de los análisis para los metabolitos y progesterona:

Metabolito	Método	Kit
Proteína total	Reacción de Biuret	Weiner Lab 864102502
Albúmina	Verde de Bromocresol	Weiner Lab 861250000
Urea	Urease UV	Weiner Lab 861237004
AspartatoAminoTransferasa (AST)	IFCC optimizado (37°C)	Weiner Lab 861234302
Colesterol	CHOD-PAP	Weiner Lab 861231904
Ácidos Grasos No Esterificados (AGNE o NEFA)	ACS-ACOD (acil-CoA sintetasa y acil-CoA oxidasa)	NEFAC, Wako Chemicals, 994-75409
Betahidroxibutirato (BHOB)	3-HBDH-NAD+3-hidroxibutirato deshidrogenasa-NAD+	Ranbut, Randox Lab RB100 ^a
Progesterona	Radioinmunoanálisis en fase sólida	DPC ^b

^a: Randox Lab. Ltd, Ardmore, UK

^b: DPC: Diagnostic Products Co Los Angeles, CA 90045-5597, USA.

5.4.7 Minerales

El calcio y el magnesio se estudiaron a través de Espectrofotometría de absorción atómica. El fósforo se determinó por Fosfomolibdato directo UV.

5.4.8 Pastura

Se analizó la composición química de la pastura obteniendo datos de Materia Seca (MS), Fibra Detergente Ácida (FDA), Fibra Detergente Neutra (FDN), Proteína cruda (PC) y Digestibilidad de Materia orgánica (DMO) (Cuadro I y II).

5.4.9 Concentrado

Se tomaron muestras del concentrado en las que se determinaron los mismos parámetros que en las muestras de pastura (Cuadro I y II).



5.5 CONTROL PUERPERAL

Se presentaron dos casos de vaca caída en el parto una del grupo adicionado con sales aniónicas y la otra del grupo suplementado con concentrado energético. Se trataron con 300cc de Borogluconato de Ca al 50%, i/v respondiendo favorablemente al tratamiento no quedando con ningún tipo de secuela.

Se realizó una evaluación ginecológica de las vacas por medio de vaginoscopia al día 15 posparto, registrándose 5 animales con alteraciones puerperales (2 presentaron retención de placenta y 3 endometritis purulenta). Dos de estas 5 vacas registraron una temperatura rectal superior a los 39.5 °C, por lo que fueron tratadas con antibióticos de amplio espectro por vía parenteral. Los animales respondieron favorablemente al tratamiento, no habiéndose registrado una disminución en la producción de leche ni una disminución en el consumo del concentrado, por lo que fueron mantenidas en el ensayo.

Para determinar el inicio de la ciclicidad ovárica, se realizó ultrasonografía por vía rectal utilizando un transductor de 5 MHz Aloka SS500 (Aloka, Tokio, Japón) a partir del día 30 y luego cada 15 días hasta la determinación de cuerpo lúteo. El mismo se confirmó, además, por la determinación de progesterona por radioinmunoanálisis (RIA). La sensibilidad del ensayo es de 0.05 ng/ml de progesterona y se consideró actividad luteal cuando los niveles superaron los 1 ng/ml o se encontraron dos muestras consecutivas mayores a 0.5 ng/ml.

5.6 MANEJO DEL SERVICIO

Los animales siguieron el manejo reproductivo que se realiza en INIA La Estanzuela, estacional de otoño/invierno comenzando el 20 de mayo. El período de espera voluntario antes del servicio fue de 40 días. Con este manejo, animales con partos anteriores al 10 de abril, tuvieron un período de espera voluntario mayor a los 40 días mínimos exigidos. La detección de celo se realizó dos veces por día, cuando los animales eran traídos a los ordeños y la inseminación se realizó con semen congelado de probada calidad por un técnico capacitado. Las inseminaciones se realizaron siempre de mañana, independientemente del momento en que se detectó el celo. Se registraron todos los servicios y a partir de esos registros se calcularon los porcentajes de preñez al primer servicio y general, los servicios por concepción y el intervalo parto a concepción.

5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un arreglo factorial de los tratamientos en los que se combinó densidad energética de la dieta e inclusión o no de sales aniónicas. La respuesta a los tratamientos (producción y composición de leche, condición corporal, metabolitos y minerales y pH) se analizó por el modelo Proc Mixed (SAS, Statistical Analysis System, V 8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, 2003) y el modelo incluyó los efectos de tratamiento y las interacciones. La estructura de covarianza fue auto regresiva de orden 1, el efecto vaca se consideró como aleatorio. Se calcularon las funciones para cada variable. Los datos se presentan como medias de mínimos cuadrados \pm error estándar. Las diferencias entre medias fueron analizadas por el método de Mínima diferencia

Significativa (LSD), con un nivel de significación del 5%. Las correlaciones entre variables se analizaron con el coeficiente de correlaciones de Pearson. El grupo S se excluyó del análisis y sólo se presentan los resultados de los tratamientos C, E y E+S. También se excluyó del análisis un animal del grupo E por no haber tenido tratamiento suficiente ya que su parto se adelantó 10 días.

6. CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

6.1 CONSUMO

El uso de marcadores indigestibles es fundamental para la estimación de medidas como son el consumo y la digestibilidad de lo consumido (Mieres, Comunicación personal, 2003).

Los marcadores externos son utilizados mayoritariamente para la estimación de heces totales y en combinación de digestibilidad de la dieta se puede calcular consumo de los animales. Un marcador es el cromo (Pond y col., 1987), que es utilizado en pruebas de digestibilidad, en determinaciones de tasa de pasaje gastrointestinal y consumo voluntario de rumiantes en estudios de nutrición animal.

La determinación de Cromo (Cr) en materiales biológicos requiere la digestión de la materia orgánica de la muestra y su solubilización (Sandoval-Castro y col., 2001).

Es necesario un periodo de cuatro a cinco días previo al muestreo de heces antes de conseguir equilibrio en la excreción. El muestreo de heces debe hacerse por un período no menor a tres días (normalmente cinco a siete) de manera de poder obtener un promedio de concentración del marcador en heces de precisión aceptable (Mieres, Comunicación personal, 2003).

6.2 PERFILES METABÓLICOS

Las variaciones en la ingesta, biotransformación y excreción durante el período de transición pueden ser monitoreadas por la concentración de algunos metabolitos en sangre.

Los perfiles metabólicos se definen como una combinación de constituyentes sanguíneos analizados juntos en un test (Ingraham y Kappel, 1988).

Se pueden utilizar en:

- Monitoreo de la salud metabólica de los rodeos.
- Ayuda diagnóstica para problemas metabólicos.
- Ayuda metabólica para enfermedades de la producción.
- Selección de individuos que posean metabolismo superior (Kronfeld y col., 1982).

El muestreo sanguíneo para perfiles metabólicos se debería hacer por lo menos dos semanas después de haber realizado un cambio drástico en la alimentación o que el animal haya tenido tiempo para adaptarse al mismo.

Para hacer un diagnóstico del estado general de los animales se debería evaluar a los mismos en diferentes etapas.

Evaluar si la alimentación de las vacas durante el período seco es adecuada, es importante ya que es un período esencial para el éxito de la siguiente lactación. Durante este período las muestras se deberían tomar antes de los últimos diez días de preñez ya que posteriormente el consumo disminuye por incapacidad del llenado ruminal.

Muestrear vacas un mes previo al parto puede ser beneficioso, tanto para evaluar el balance energético, como para identificar la inadecuada cantidad de proteína en dieta especialmente degradable en rumen.

Para evaluar las vacas en lactación temprana, las muestras sanguíneas deberían realizarse entre los diez y veinte días de paridas, para estar seguros de detectar la restricción energética. Tiempos menores a diez días implican que el pico de producción está muy distante para que el test refleje la realidad de la vaca en la lactación temprana. En muestras sanguíneas tomadas después de veinte días posparto, los niveles de los metabolitos serán normales aunque las vacas aun muestren la deficiencia energética en su baja CC. Esto está dado porque con la alimentación se normalizan los niveles de metabolitos antes que el animal recupere una condición corporal adecuada (Whitaker, 2003).

6.2.1 ¿Cuáles son los metabolitos que evalúan el balance energético?

6.2.1.1 NEFA

El nivel óptimo de los NEFA en vacas lactando se encuentra por debajo de 0.7 mmol/L, mientras que para vacas secas en las últimas cuatro semanas de gestación es igual o menor a 0.4 mmol/L. El mismo refleja la movilización grasa como una fuente de energía, y por lo tanto valores altos están asociados a BEN severo. Los NEFA son un reflejo más directo de movilización grasa que el BHOB. Aumentan más rápidamente y frecuentemente retornan a su rango óptimo de la misma forma aún cuando la vaca se encuentra en BEN.

Vacas con cetosis presentan valores de NEFA por encima de 1.5 mmol/L.

Situaciones de estrés previas a la colecta de sangre pueden aumentar los valores de NEFA (Whitaker, 2003).

6.2.1.2 BHOB

En vacas lactando el nivel óptimo de BHOB sanguíneo se encuentra por debajo de 1.0 mmol/L.

Las razones por las cuales se ven las diferencias son las mismas que para NEFA.

Valores menores a 0.6 mmol/L reflejan situaciones donde las vacas están perdiendo CC. Entre 0.6 y 1.0 mmol/L son valores bajos e implica una tasa de movilización grasa aceptable, dependiendo del estadio de lactación. Por encima de 1.0 mmol/L estaría afectada la producción y la salud del animal (vacas con cetosis probablemente tengan valores mayores a 2.0 mmol/L).

Vacas secas en el último mes de gestación deberían tener valores por debajo de 0.6 mmol/L, ya que deberían estar reponiendo y manteniendo las reservas energéticas (Whitaker, 2003).

6.2.1.2 Colesterol

La colesterolemia es de 62.1-192.5 mg/dl (El Manual Merck, 2000).

Las razones por las cuales hay variaciones en sus valores dependen del BEN.

6.2.2 ¿Cuáles son los metabolitos que evalúan el metabolismo nitrogenado?

6.2.2.1 Proteínas totales

Proteínas totales se determinan con la finalidad de posibilitar el cálculo de las globulinas y la relación albúmina/globulina. Su nivel normal en sangre es de 62-82 g/L (El Manual Merck, 2000).

6.2.2.2 Albúmina

La albúmina se determina como índice del aporte proteico en la dieta y/o como indicador de funcionalidad hepática en lo relacionado a la síntesis proteica (Manston y col., 1975). Se utiliza en la rutina del perfil metabólico y en la del funcional y enzimograma hepático.

Las proteínas totales y albúminas se sintetizan predominantemente en el hígado aunque también contribuyen en su producción las células plasmáticas. Cuantitativamente, la proteína más importante es la albúmina (35-50% de la concentración total de proteínas séricas).

Su valor normal en sangre es de: 28-39 g/L (El Manual Merck, 2000).

La relación albúmina/globulinas es de fundamental importancia para la interpretación de las variaciones de la albúmina y las proteínas totales. Basándose en ella se puede diferenciar la hipoalbuminemia por causas alimenticias de la causada por la insuficiencia hepática. Su valor es de 0.8-0.9 (Majó, 2004).

6.2.2.3 Globulinas

Las globulinas intervienen en numerosos procesos fisiológicos, y son componentes estructurales de la mayoría de los tejidos corporales. Las disfunciones más importantes son las referentes al mantenimiento de la presión osmótica del plasma, el transporte de sustancias a través del cuerpo, la inmunidad humoral, la acción tampón, la regulación enzimática y la formación de calostro. Su importancia radica en la detección de procesos inmunitarios y contribuye a la interpretación de las causas de las variaciones de la albúmina. Su valor en sangre es de 29-49 g/L (El Manual Merck, 2000).

6.2.2.4 Urea

En los rumiantes la urea endógena puede ser utilizada para la síntesis de proteínas en los preestómagos. La digestión microbiana del nitrógeno (N) alimentario produce importantes cantidades de amoníaco (NH_3), que es parcialmente utilizado por los microorganismos para sintetizar sus proteínas y parcialmente absorbido a través de la pared ruminal para ser transformado en urea en el hígado (Cirio y Tebot, 1998)

La uremia varía así en el mismo sentido que la concentración del amoníaco en el líquido del rumen y que el tenor nitrogenado de la ración (Cirio y Tebot, 1998).

Su importancia en el perfil metabólico radica en la relación que existe en los rumiantes entre el aporte nitrogenado de la dieta y la inmediata concentración de urea en sangre (20-40 mg/dl) (Majó, 2004). También es útil para detectar desbalances proteína/energía en la dieta.

Mediante la urea, se excreta el amoníaco y el grupo amino que proviene de la deshidrolización de proteínas debido a la acción de la microflora intestinal (Cirio y Tebot, 1998).

Si el rumen esta funcionando satisfactoriamente los niveles de urea en sangre serían mayores a 3.6 mmol/L.

6.2.3 ¿Cómo se los evalúa el metabolismo mineral?

6.2.3.1 Calcio

El control homeostático es tan fuerte y las variaciones son tan pequeñas que no reflejan el consumo del mismo en la dieta. La calcemia normal en un animal es de 10 mg/dl (Capen y Rosol, 1989).

6.2.3.2 Fósforo

Su ingestión en dieta se refleja en sus niveles en sangre: 4.3-7.8 mg/dl (El Manual Merck, 2000).

6.2.3.3 Magnesio

Los niveles en sangre reflejan los niveles del mismo en dieta más que las fuentes provenientes de los tejidos en donde el Mg no esta rápidamente disponible. La concentración de magnesio (Mg) en sangre es de 2.4mg/dl (Capen y Rosol, 1989).

6.2.4 Aspartato Amino Transferasa (AST)

La AST es una enzima que se encuentra en los eritrocitos y en una gran variedad de tejidos, incluyendo hígado, músculo cardíaco y esquelético y riñones. Su nivel en el suero (hasta 90UI) (Majó, 2004) tiene algún valor como indicador de lesión hepática por sus altos contenidos en esta víscera pero ellos son considerados como demasiado inespecíficos para otorgar un gran valor diagnostico (Blood y Radostits, 1992).

La vida media de la enzima es larga, y las elevaciones pueden persistir por diez días luego de un episodio de mionecrosis o daño hepático. En reglas generales, necrosis musculares extensas tienden a producir elevaciones más altas de la AST que necrosis del hígado.

7. RESULTADOS

Debido a la baja palatabilidad de las sales aniónicas, los animales del grupo S tuvieron un rechazo de casi el 100% de éstas, por lo que el grupo se excluyó del análisis y sólo se presentan los resultados de los tratamientos C, E y E+S.

7.1 CONSUMO

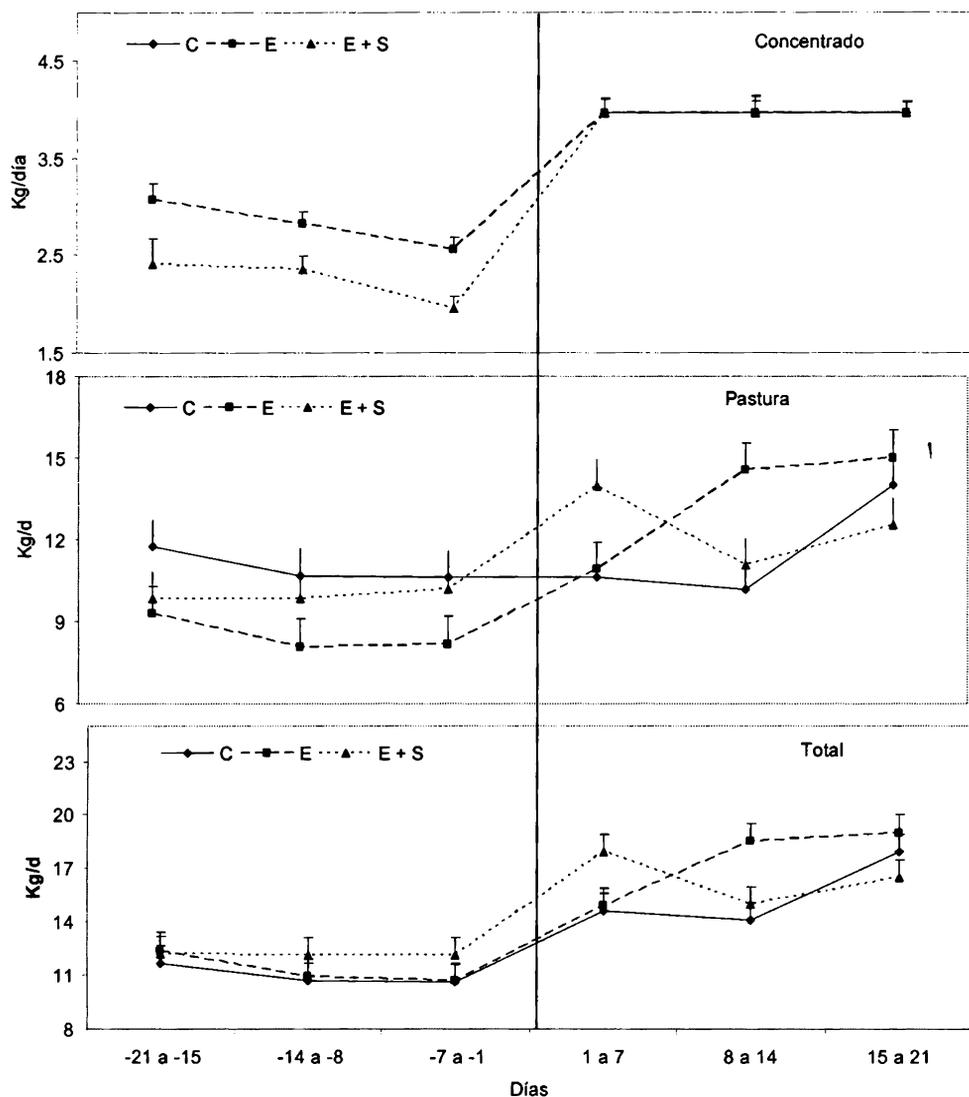


Figura 1. Evolución del consumo de concentrado (panel superior), pastura más ensilaje (panel medio) y total (panel inferior) durante las tres semanas previas y las tres semanas posteriores al parto en vacas sin suplemento (C), suplementadas durante el preparto con concentrados (E) y suplementadas durante el preparto con concentrado más sales aniónicas (E+S)

La figura 1 (panel superior) muestra el consumo preparto de concentrado de los grupos suplementados (E y E+S) y consumo durante el posparto de los tres grupos. Ambos

grupos suplementados tendieron a disminuir el consumo de concentrados hacia la última semana preparto ($P=0.07$), disminución que fue significativa para el grupo E+S entre la segunda y primer semana preparto ($P<0.05$). El grupo suplementado (E) registró un mayor consumo de concentrados preparto que el grupo con sales aniónicas (E+S), durante la segunda y la primer semana preparto ($P<0.09$ y $P<0.05$, respectivamente). Durante el posparto, no hubo rechazo del concentrado, por lo que la cantidad administrada y consumida fue la misma para todos los grupos.

El consumo de pastura fue similar para los tres grupos durante las 6 semanas en que se registró el mismo, aunque hubo diferencias entre el preparto y el posparto ($P<0.0001$) y una interacción tratamiento por semana significativa ($P=0.01$) (Figura 1 panel medio). Mientras que no existieron diferencias en el consumo de pasturas preparto y posparto para el grupo C ($P>0.1$), el consumo de pasturas durante el posparto fue mayor al consumo preparto para los dos grupos suplementados ($P<0.01$). En el grupo E se registró un menor consumo que en el grupo C ($P<0.05$) durante la segunda semana preparto. Durante el posparto, el grupo C mantuvo un consumo constante en las dos primeras semanas, aumentando significativamente en la tercer semana ($P<0.05$). El grupo E aumentó significativamente ($P<0.01$) el consumo de pasturas, durante las dos primeras semanas posparto. El grupo E+S registró un aumento del consumo durante la primer semana posparto ($P<0.01$), disminuyendo durante la segunda semana ($P<0.05$) y manteniéndose en esos niveles durante la tercer semana posparto. En la primer semana posparto el grupo E+S mostró mayor consumo que el grupo E ($P<0.05$), mientras que en la segunda semana se registró un comportamiento inverso, ya que el grupo que consumió mas pasturas fue el grupo E ($P<0.05$).

Como se aprecia en el panel inferior de la figura 1, el consumo total de alimentos de los 3 grupos fue superior en el posparto ($P<0.001$) que durante el preparto. No existieron diferencias entre grupos durante el preparto, pero durante la primer semana posparto el grupo E+S registró un mayor consumo total ($P<0.05$) que los otros dos grupos. Durante la segunda semana posparto, el grupo E registró un mayor consumo ($P<0.05$) que los otros dos grupos, mientras que en la tercer semana esta diferencia solamente se mantuvo con el grupo E+S ($P=0.06$).

7.2 EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL

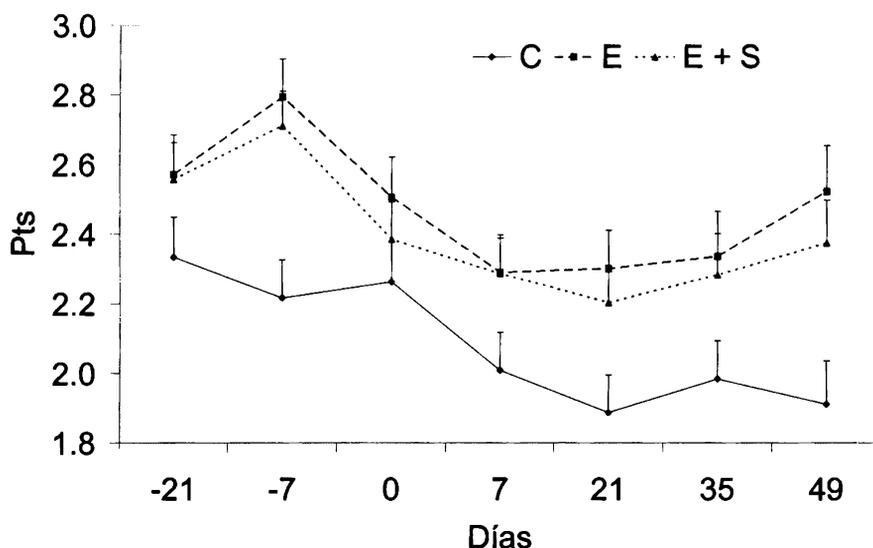


Figura 2: Evolución de la condición corporal durante las 3 semanas previas y las 7 posteriores al parto (C: grupo control; E: grupo suplementado con maíz; E+S: grupo suplementado con maíz y sales aniónicas)

El tratamiento afectó la evolución de CC. Entre el día -21 y -7 los grupos suplementados (E y E+S) registraron un aumento de la CC con respecto al grupo C ($P < 0.05$). En la semana previa al parto, se registró una pérdida de condición corporal en los grupos suplementados pero no en el grupo control ($P < 0.005$). La condición corporal de las vacas suplementadas con energía aumentó hacia el día 50 posparto, no así los controles que no recuperaron la CC durante el periodo experimental y ésta fue inferior que las vacas suplementadas (Figura 2). El grupo C perdió CC del día 0 al día 21 posparto ($P = 0.008$).

7.3 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE

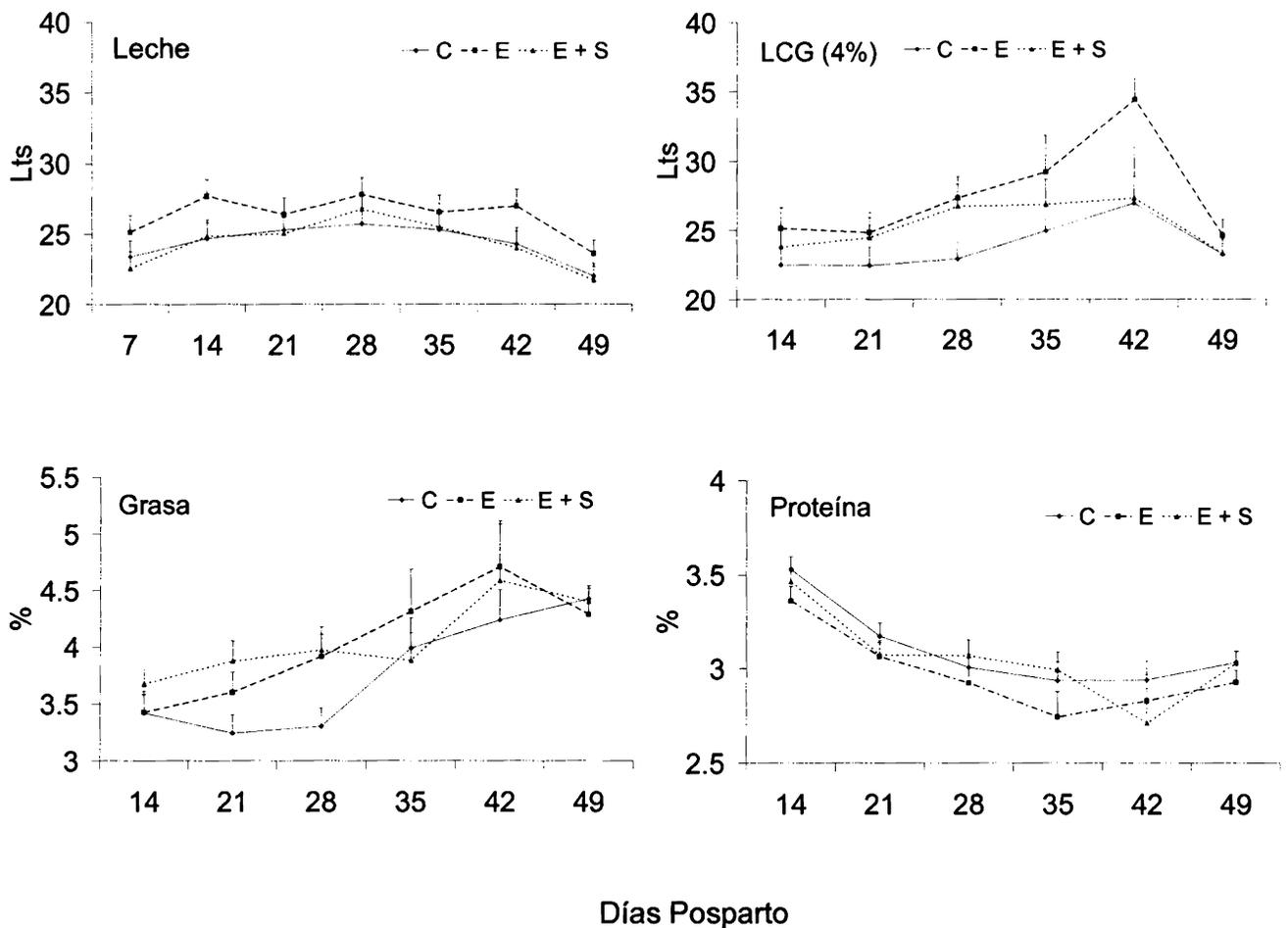


Figura 3. Producción semanal de leche (superior izquierda), leche corregida por grasa al 4% (superior derecha) y porcentajes de grasa (inferior izquierda) y proteína (inferior derecha), durante las primeras 7 semanas posparto en vacas sin suplemento (C), suplementadas durante el preparto con concentrados (E) y con concentrado más sales aniónicas (E+S).

En la Figura 3 (panel superior izquierdo) se muestra la producción de leche total en litros. El promedio de producción del grupo E fue de 26.3 L, mientras que el del grupo C fue de 24.4 L ($P>0.1$). Se registró un ascenso del nivel de producción hasta el día 28 posparto para luego descender hacia el día 50 posparto.

El porcentaje de grasa de la leche registró un aumento constante durante las primeras 6 semanas posparto en los grupos suplementados, pero en el grupo control este aumento se registró recién a partir del día 35 posparto (Figura 3, panel inferior izquierdo). El porcentaje de grasa de la leche fue ligeramente superior ($P=0.13$) en los grupos suplementados con concentrados energéticos, por lo que la leche corregida por grasa (LCG) (al 4%) mostró una tendencia ($P=0.08$) a ser mayor en el grupo suplementado con concentrado energético (panel superior derecho). La LCG fue mayor en el grupo E

comparado con el grupo C en el día 35 posparto ($P=0.03$). Se registró una disminución significativa ($P<0.001$) al día 49 para el grupo suplementado con concentrado.

El porcentaje de proteína láctea fue similar para todos los tratamientos ($P>0.1$) en los primeros 49 días posparto, mostrando una tendencia decreciente hasta el día 42 posparto.

7.4 PERFILES METABÓLICOS

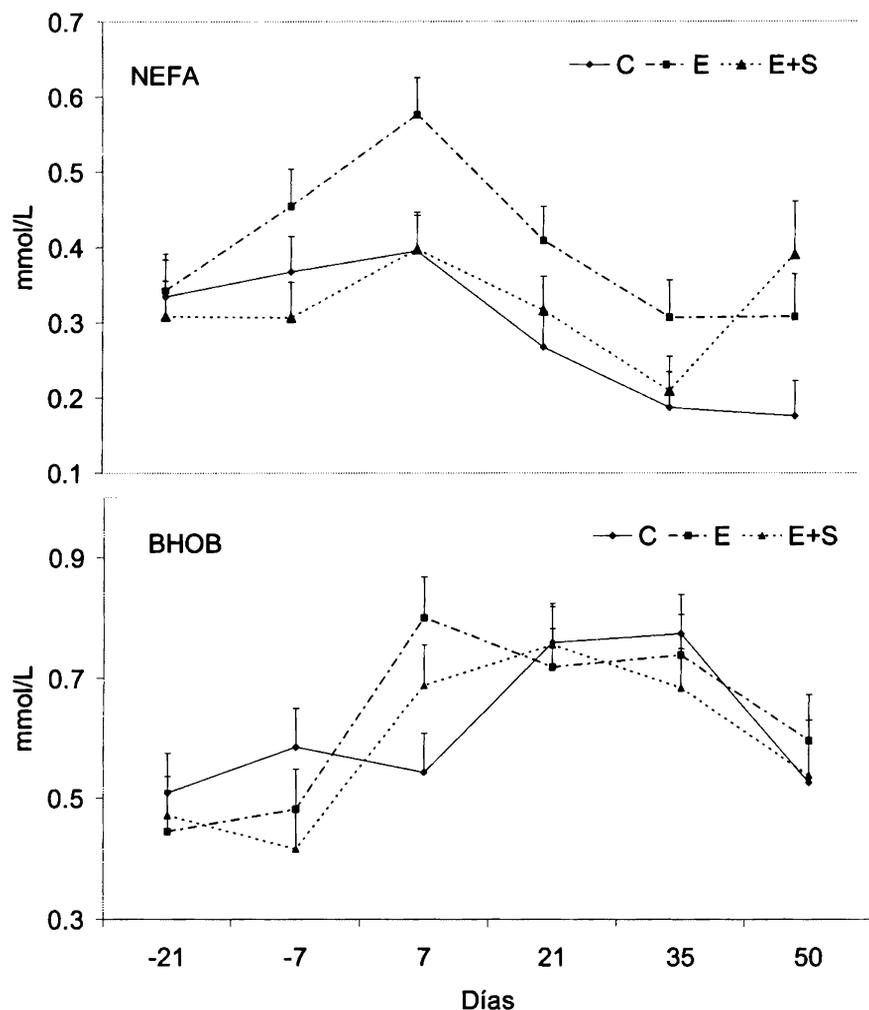


Figura 4: Concentraciones séricas de Ácidos Grasos No Esterificados (NEFA) y Betahidroxibutirato (BHOB) desde las 3 semanas previas a las 7 semanas posteriores al parto en vacas sin suplemento (C), suplementadas durante el preparto con concentrados (E) y con concentrado más sales aniónicas (E+S)

En la figura 4 (panel inferior) se muestran los niveles de NEFA durante el período experimental. El grupo E registró niveles significativamente superiores entre el día 7 y el día 35 posparto con respecto al resto de los tratamientos ($P<0.05$). Los grupos C y E+S

presentaron el mismo comportamiento, manteniéndose constantes hasta el día 7 posparto y disminuyendo luego hasta el día 35. En la figura 4 (panel superior), se muestran las concentraciones séricas de BHOB, los tres grupos mostraron el mismo patrón de curva durante todo el período experimental que fueron similares para los 3 grupos durante todo el período experimental ($P>0.1$). Se registró un aumento a partir del día -7 en todos los grupos, para luego disminuir a partir del día 35 posparto. Al día 7 el grupo E presentó mayores niveles de BHOB que el grupo C ($P<0.05$).

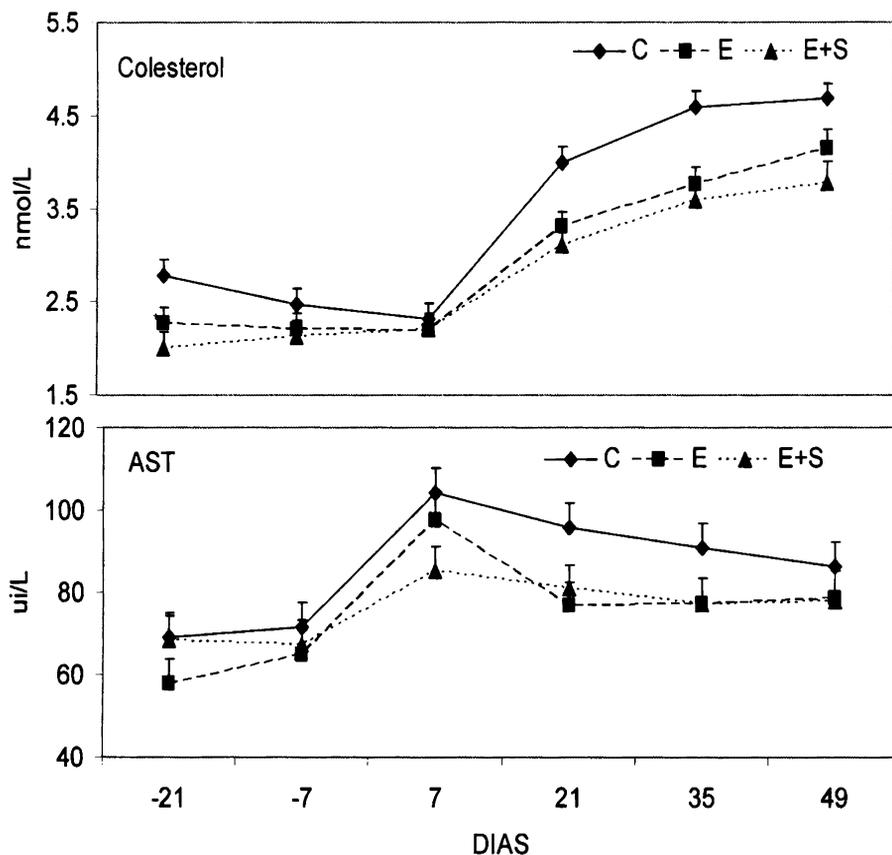


Figura 5. Concentraciones séricas de colesterol y Actividad de Aspartato Amino Transferasa (AST) desde las 3 semanas previas a las 7 semanas posteriores al parto en vacas sin suplemento (C), suplementadas durante el preparto con concentrados (E) y con concentrado más sales aniónicas (E+S)

La Figura 5 (panel superior), muestra la evolución de las concentraciones séricas de colesterol. Los niveles se mantuvieron constantes hasta el día 7 posparto y luego aumentaron hasta el final del periodo experimental. Hubo una diferencia significativa en los niveles de colesterol entre tratamientos ($P<0.005$). Si bien no se registraron diferencias entre grupos durante el preparto y las dos primeras semanas posparto, a partir de la tercer semana posparto, el grupo C registró un aumento mayor que los grupos E ($P<0.005$) y E+S ($P=0.0001$).

En la Figura 5 (panel inferior), se muestra la actividad de la AST. Todos los grupos tuvieron un aumento de actividad en la primera semana posparto. El aumento de la

actividad posparto fue más pronunciado en el grupo control que en los grupos suplementados ($P < 0.05$).

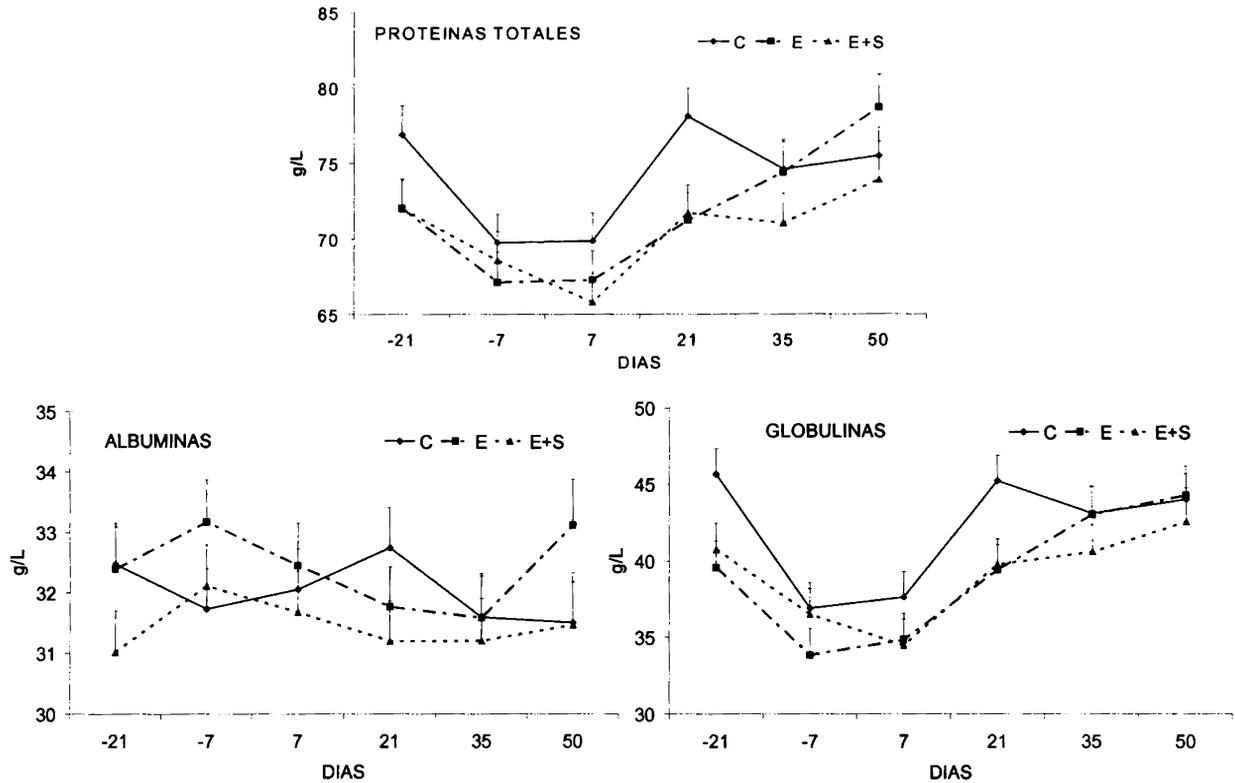


Figura 6: Concentraciones séricas de proteínas totales, albúminas y globulinas desde las 3 semanas previas a las 7 semanas posteriores al parto en vacas sin suplemento (C), suplementadas durante el preparto con concentrados (E) y con concentrado más sales aniónicas (E+S)

En la figura 6 panel superior se muestra la evolución de las proteínas séricas totales. Donde se aprecia una disminución de los niveles desde el día -21 hasta el día -7, registrándose los menores niveles entre la semana previa y la posterior al parto, para luego aumentar progresivamente con los días posparto. A partir de ese momento, el grupo C registró un aumento significativamente mayor que los grupos suplementados hacia la tercer semana posparto ($P < 0.001$), para luego igualarse los niveles.

En el panel inferior izquierdo se muestran los niveles de la albúmina sérica, que se mantuvieron constantes en los grupos E y C, a diferencia del grupo E+S que tuvo un aumento en la última semana del período experimental ($P < 0.05$).

Los niveles séricos de globulinas se muestran en el panel inferior derecho. Hubo una disminución hasta el día -7 preparto, manteniéndose en ese nivel hasta el día 7 posparto. Luego los niveles aumentaron hasta el día 21 posparto manteniéndose constantes a partir de ese momento.

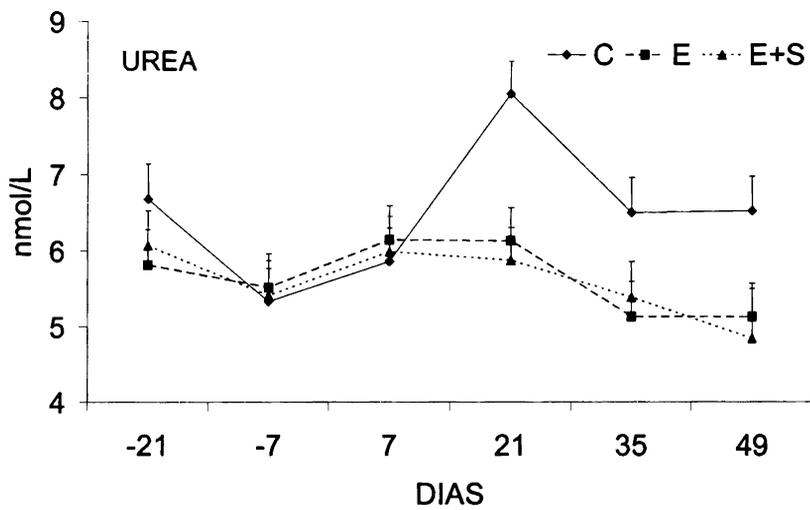


Figura 7: Concentraciones séricas de urea desde las 3 semanas previas a las 7 semanas posteriores al parto en vacas sin suplemento (C), suplementadas durante el preparto con concentrados (E) y con concentrado más sales aniónicas (E+S)

En la figura 7 se muestran las concentraciones séricas de urea donde existió una diferencia ($P < 0.06$) entre tratamientos, la cual estuvo dada por niveles más altos a partir de la tercer semana posparto por el grupo control. Los niveles séricos de urea se mantuvieron relativamente constantes durante el período de transición en los grupos suplementados.

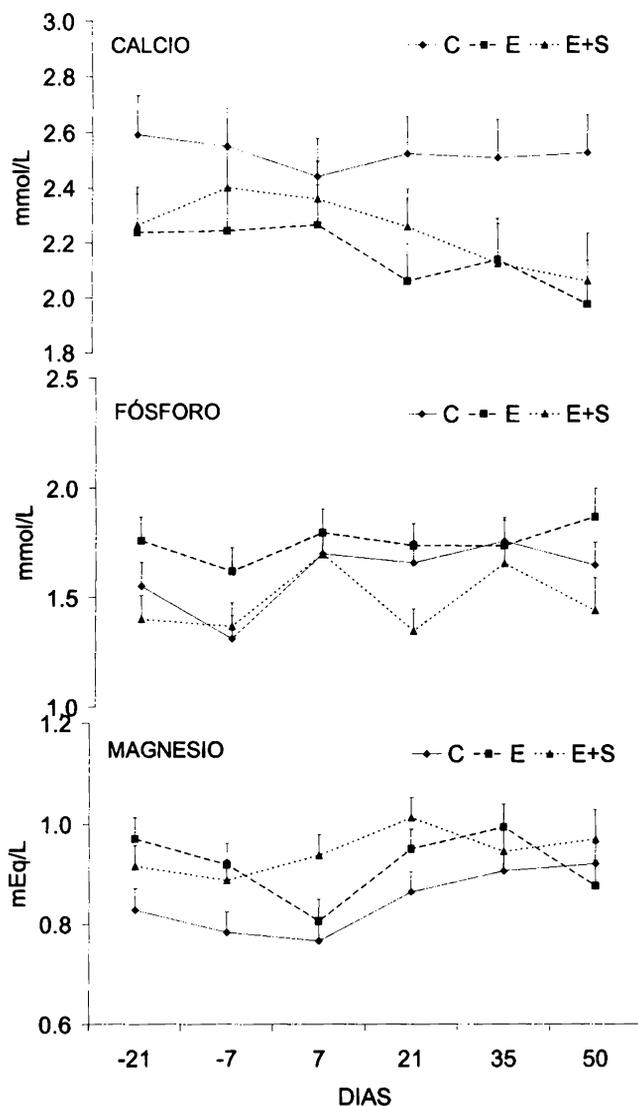


Figura 8: Niveles séricos de calcio, fósforo y magnesio desde las 3 semanas previas a las 7 semanas posteriores al parto en vacas sin suplemento (C), suplementadas durante el parto con concentrados (E) y con concentrado más sales aniónicas (E+S)

Los niveles séricos de Ca se mantuvieron dentro de los rangos normales durante el período experimental, aunque el grupo control tuvo una tendencia ($P < 0.07$) a registrar valores superiores en el posparto. Al día 7 posparto los tres grupos se acercaron a los mismos valores pero los grupos con suplemento energético siguieron disminuyendo después de este punto (Figura 8, panel superior).

La figura 8 (panel central), muestra los niveles de fósforo sérico, en la cuál se observó un efecto tratamiento ($P < 0.05$). El grupo E se mantuvo constante a lo largo de todo el período experimental, pero en el parto fue el grupo que presentó mayores valores de P. Los grupos C y E+S mostraron un aumento en sus niveles hasta el día 7, si bien el grupo C se mantuvo así hasta el final, el grupo E+S presentó una disminución al día 21 para aumentar hacia el final de la curva.

Se encontró un efecto de tratamiento ($P < 0.05$) en los niveles séricos de Mg, que registraron una disminución desde el día -7 al día 7 en el grupo E, manteniéndose constante en los restantes grupos. Los tres grupos sufrieron un aumento desde el día 7 hasta el día 21 para luego mantenerse al mismo nivel (Figura 8, panel inferior).

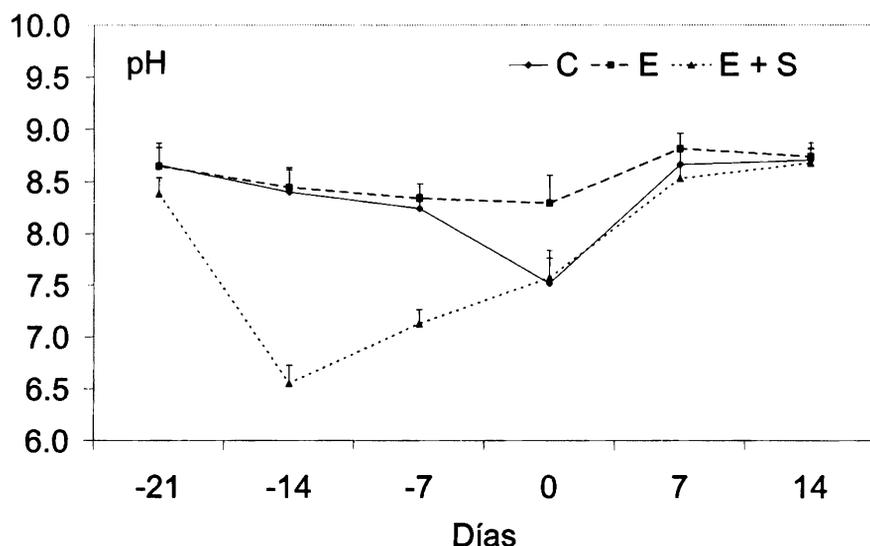


Figura 9: Evolución del pH urinario durante las 6 semanas del parto en vacas suplementadas durante el parto con concentrados (E), concentrado con sales aniónicas (E+S) o sin suplemento (C).

En la Figura 9 se observa que el grupo dosificado con sales aniónicas registró una caída significativa ($P < 0.0001$) del pH a partir del día -21 con su nadir en el día -14. Luego de esto los valores aumentaron, normalizándose al día 7 posparto.

7.5 EFICIENCIA REPRODUCTIVA

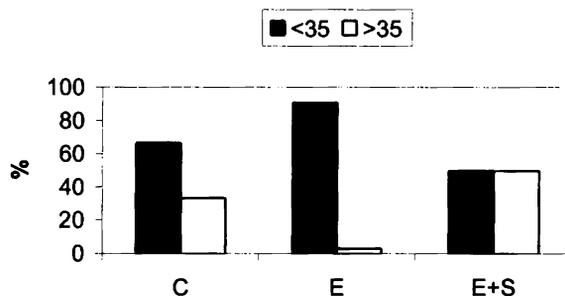


Figura 10. Porcentaje de animales que ovularon antes o después de los 35 días posparto en vacas suplementadas durante el parto con concentrados (E), concentrado con sales aniónicas (E+S) o sin suplemento (C).

En la figura 10 se muestra que el 91 % de los animales del grupo E ovularon antes de los 35 días mientras que el grupo C fue del 67% y el E+S solamente el 50 % de los animales tuvo ovulaciones tempranas (P=0.11).

Cuadro IV. Indicadores reproductivos.

GRUPO	INTERVALOS DEL PARTO A:			
	OVULACIÓN	CELO	SERVICIO	CONCEPCION
C	36.3 ± 5.6 ^{ab}	50.4 ± 6.7 ^a	90.2 ± 7.2 ^a	126.7 ± 12.8 ^a
E	26.8 ± 5.8 ^b	43.2 ± 6.7 ^a	82.57 ± 5 ^a	115.1 ± 13.4 ^a
E+S	46.8 ± 5.6 ^a	59.1 ± 6.7 ^a	81.2 ± 7.2 ^a	127.0 ± 13.4 ^a

^{ab}: Medias con diferente letra entre filas, difieren (P<0.06)

El cuadro IV resume los principales parámetros reproductivos. No se encontraron diferencias de tratamiento en ninguno de estos indicadores a excepción del grupo E que presentó un menor intervalo parto a la ovulación que el grupo E+S.

8. DISCUSIÓN

8.1 CONSUMO

El suministro de sales aniónicas solas, o utilizando diferentes vehículos en pocas cantidades (concentrados, silo de maíz o melaza), genera un rechazo total en vacas lecheras, que confirma su baja palatabilidad. Por esto se recomienda su suministro con la adición de por lo menos 2.5 Kg. de concentrados (Oetzel, 2000). Si bien la adición de concentrados permite que los animales consuman las sales, en el presente ensayo la adición de las mismas a la dieta provocó una disminución de consumo del concentrado de aproximadamente 40 % inclusive utilizando 3.5 Kg. de maíz partido.

El grupo suplementado con energía durante el preparto mostró un efecto sustitución en el consumo de pasturas, este efecto no fue tan notorio para el grupo E+S probablemente debido a un menor consumo de concentrado. Oetzel (2000) (con suministro de sales aniónicas) o Vazquez-Añón y col. (1994), Grummer (1995), Stockdale y Roche (2002) reportaron una disminución del consumo total durante la semana previa al parto. En nuestros resultados sin embargo, esta disminución se observó solamente en el consumo de concentrados. Ambos grupos suplementados aumentaron el consumo de pasturas en el posparto temprano lo que puede estar explicado por el mayor desarrollo de las papilas ruminales lo que aumenta la capacidad de absorción de ácidos grasos volátiles (Dirksen, 1997) por lo tanto mejor digestión y mayor tránsito lo que lleva a que el animal aumente el consumo. El mayor consumo total posparto observado en los grupos suplementados se puede ver reflejado en la mayor CC de los mismos con respecto al grupo C.

8.2 EVOLUCIÓN DE LA CONDICIÓN CORPORAL

Los grupos suplementados mostraron un aumento de la CC con respecto al control entre los días -21 a -7, mientras que en este último la CC disminuyó durante este período. Sin embargo Grum y col. (1996) encontraron que suplementando con energía en el preparto la CC no sufrió cambios. Los dos grupos suplementados perdieron CC la semana previa al parto, no así el grupo C, de acuerdo con Cavestany y col (2003) quienes reportaron que animales con mayor CC presentaron mayor pérdida de la misma. Al parto no hubo diferencia entre grupos, contrariamente a Flamenbaun y col. (1995) quien reportó que la diferencia de CC se mantuvo durante todo el período experimental. La mayor CC en los grupos suplementados durante el posparto se podría explicar porque la suplementación con concentrados en el preparto permitiría una mejor adaptación ruminal a la dieta posparto y así mejoraría la utilización de la misma por los microorganismos ruminales lo que llevaría a un mayor consumo (Curtis y col., 1985).

8.3 PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE

La suplementación energética en el preparto tardío no alcanzó efecto positivo en el volumen de leche producida, similar a lo reportado por otros investigadores (Gardner, 1969; Grummer, 1995), aunque por el contrario Stockdale y Roche (2002) encontraron que el aumento de grano de maíz en la dieta preparto puede ser beneficioso, aumentando la producción de leche en vacas de alta producción (37 - 44 L). Estas

diferencias respecto a la repuesta de la suplementación preparto pueden deberse a tipo, cantidad y forma de suministro de los concentrados y de los otros componentes de la dieta, además de la capacidad potencial de producción de las vacas. No hubo efecto adicional en el suministro de SA sobre la producción de leche, de acuerdo con lo reportado por Soder y Holden (1999). De forma contraria, Beede y col. (1992) reportaron un aumento en la producción de leche de un 3% a un 3.6% adicionando sales aniónicas a la dieta preparto.

A diferencia de la curva de lactancia tradicionalmente descrita en la bibliografía donde el pico de producción se presenta entre los días 35 y 50 (Irigoyen, 1997) nuestros resultados mostraron que el mismo se registró antes en los animales suplementados, presentándose entre los días 20 y 30 posparto.

La suplementación energética preparto aumentó la producción de grasa en leche como ha sido reportado previamente (Davenport y Rakes, 1969; Hernandez-Urdaneta y col., 1976; Keady y col., 2001). Esto es probablemente debido a una mayor movilización de grasa, ya que las vacas suplementadas tienen una mayor CC cerca del parto (Keady y col., 2001). Contrariamente, Nocek y col. (1986) concluyeron que el nivel de alimentación preparto no aumenta significativamente el contenido de grasa en leche.

Cuando se ajustó la producción de leche al 4% de grasa, surgió una mayor producción en el grupo E que el grupo C. Esto podría explicarse por un mayor consumo de pasturas posparto que llevaría a una mayor producción de grasa.

No encontramos un efecto del tratamiento sobre el porcentaje de proteína láctea de acuerdo con Tamminga (1997). El cual reporta que modificar el porcentaje de proteína a través de la nutrición es difícil. Si bien un mayor aporte energético mejora la producción de proteína microbiana, ésta no tendría porque verse reflejada como un aumento de la misma en leche como ha sido reportado (Grummer, 1995). Encontramos que la producción de proteína en leche se encuentra en su mayor nivel a las dos semanas posparto disminuyendo progresivamente hacia el final del periodo experimental, comportándose como la curva normal de producción de proteínas.

8.4 PERFILES METABÓLICOS

El grupo E mostró mayores niveles de NEFA durante el preparto y posparto temprano. Este aumento es consistente con la disminución de la CC en este período (Cirio y Tebot, 1998), así como una mayor producción de grasa en leche. Si bien este aumento de NEFA no se vio reflejado en una disminución en el consumo total preparto como lo reportado por Kunz y col. (1985), Simmons y col. (1994), Vazquez-Añón y col. (1994) y Grum y col. (1996), si se podría evidenciar por la disminución del consumo de concentrados en la última semana preparto. Contrariamente, Stockdale y Roche (2002) encontraron que el aumentar la energía preparto, llevó a una menor movilización de NEFA cercana al mismo. Luego del parto se observó una disminución de los NEFA para todos los grupos, lo que se explica por un aumento en el consumo en ese período.

Al igual que nuestros hallazgos Grummer (1995) encontró que animales alimentados con altos niveles energéticos en el preparto, tuvieron mayores niveles de BOHB en plasma (el mayor valor se dio al día 7). Los niveles de BOHB también reflejan la necesidad energética de los animales al comienzo de la lactancia, y éstos resultados concuerdan con lo descrito previamente (Vazquez-Añón, 1994, Invgartsen y Andersen, 2000, Moorby y col., 2000, Holtenius y col., 2003).

El BOHB se comportó de la misma manera en todos los grupos, mostrando un aumento de sus niveles a medida que se acercó el parto, pero a diferencia de los NEFA, éstos se mantuvieron altos durante los primeros 35 días posparto. El aumento podría explicarse por sus dos vías de producción, una a nivel hepático, por la mayor movilización de tejido adiposo, y la otra por absorción de ácido butírico en la pared de los preestómagos en la cual se hidroxila, por lo que sería un reflejo del aumento de consumo de pasturas durante éste periodo.

Se observó un aumento de los niveles de colesterol posparto. Esta hipercolesterolemia puede deberse tanto al catabolismo lipídico dado por la gran demanda energética en la lactación o por un aumento de la síntesis hepática de lipoproteínas (Cavestany y col., 2005). Los bajos niveles de colesterol alrededor del parto pueden relacionarse con movilización grasa debido a la deficiencia de energía (Ghargariu y col., 1984). Teniendo en cuenta que las pérdidas severas de condición se observaron alrededor del parto cuando los niveles de colesterol eran bajos, nuestros resultados sugieren que el aumento en el colesterol está asociado con un mejor balance energético, al igual que lo reportado por Cavestany y col. (2003).

Los altos niveles de AST indican lesión hepática, así como un aumento del catabolismo proteico. En nuestro trabajo se observó un aumento de esta enzima alrededor del parto en todos los grupos, que lo explicamos por una degradación proteica la cual es utilizada como fuente de aminoácidos glucogénicos. En el posparto vemos que los niveles son mayores que en el preparto. Esto puede estar dado por que la involución uterina conlleva a una degradación proteica que es utilizada como combustible en el posparto temprano (Chilliard y col., 2000).

La disminución en proteínas totales y globulinas en los tres grupos que se registró próximo al parto, podría deberse a que la glándula mamaria capta las inmunoglobulinas para la formación de calostro (Kehrli y col., 1989). Sin embargo Bauchart (1993) asoció esta reducción con la disminución en la ingesta, la cual no encontramos en nuestro trabajo. El aumento de las proteínas totales en el posparto también puede asociarse al mayor consumo de MS durante el mismo (Manston y col., 1975). A partir del día 21 la globulina comienza a estabilizarse debido a que hasta ese momento su excreción en leche es máxima. La albúmina se mantuvo constante lo que refleja que no hubo alteración del metabolismo proteico.

El aumento de urea que se observó alrededor del día 21 en el grupo control está dado por el catabolismo proteico, estos animales presentaron menor reserva lipídica para movilizar en el posparto, debiendo acudir a sus reservas proteicas.

Hubiéramos esperado encontrar un aumento de Ca sérico durante el preparto en el grupo E+S, pero sus niveles no variaron. Esto se puede atribuir a que los animales no consumieron la dosis recomendada de SA para lograr el BCA deseado, por lo tanto no encontramos un efecto en los niveles de Ca sérico en el preparto. Por la estricta homeostasis del calcio las variaciones pueden ser mínimas. Solamente es significativo para describir casos clínicos de hipocalcemia (Whitaker, comunicación personal 2005).

En el posparto se observó una disminución del Ca para los grupos E y E+S lo que coincide con la mayor producción de grasa en leche, esto podría estar dado por un aumento en la eliminación del Ca en la porción butirosa de la misma (Uriarte, comunicación personal, 2004). Si hubiéramos observado mayor producción de leche en los grupos suplementados atribuiríamos esta disminución en el Ca a este hecho, pero al no observar mayor producción la primera hipótesis sería la más factible.

No encontramos diferencias en las concentraciones plasmáticas de Ca durante las primeras tres semanas posparto entre el grupo C y E+S al igual que Roche y col (2000). Las mayores pérdidas de P están relacionadas a la producción de leche, en nuestro trabajo no se puede explicar de esta manera ya que no hubo diferencias de producción entre grupos. Las variaciones en la fosfatemia se dan principalmente relacionadas a la dieta (Whitaker, comunicación personal 2005). La disminución en los niveles de fósforo en la semana previa al parto podría relacionarse con el bajo consumo en ese momento. La disminución del Mg alrededor del parto que se observó en el grupo E coincide con la mayor lipólisis preparto de este grupo, lo que podría explicarse por la redistribución del Mg en los adipocitos (Soder y Holden, 1999). Si bien se ha reportado que estos niveles más bajos alrededor del parto son frecuentes y se acompañan con niveles disminuidos de Ca (Capen y Rosol, 1989) esto no se vio en nuestros resultados. Las concentraciones de Mg en los tres grupos aumentaron desde el día 7 al 21 probablemente debido a un aumento de consumo (Martens y Schweigel, 2000). Este aumento también tendría que haberse visto en el Ca ya que sus mecanismos presentan metabolismos paralelos, si se favorece uno el otro también (Uriarte, comunicación personal, 2004).

Encontramos diferencias entre el grupo E+S y los restantes grupos en los niveles de pH, este efecto fue mayor en el día -7, normalizándose en el posparto. La disminución del mismo se dio por el aumento de eliminación de H⁺ en la orina. Nuestros resultados coinciden con lo reportado con Troncoso, (1999) que observó que en una dieta fuerte en aniones, el pH de la orina disminuye.

8.5 EFICIENCIA REPRODUCTIVA

El intervalo parto primera ovulación fue la única variable reproductiva que se vio afectada por los tratamientos. Se encontró un menor intervalo en el grupo E con respecto al grupo E+S. Esta tendencia podría deberse a dos razones: 1) En el grupo E+S el consumo disminuyó en la segunda semana posparto, mientras que en el grupo E aumentó, manteniéndose constante en el grupo C. Ésta disminución en el consumo puede haber provocado cambios metabólicos en los animales del grupo E+S que no podemos identificar por los análisis realizados en nuestro trabajo. El grupo C ni aumenta ni disminuye, por lo tanto su intervalo parto-ovulación no es diferente de ninguno de los grupos suplementados. De acuerdo a lo reportado por Staples y col. (1990), las vacas en anestro posparto presentaron un menor consumo que las vacas ciclando. 2) Para explicar el mayor intervalo parto-ovulación en el grupo E+S podría ser un efecto negativo de las SA sobre la reproducción aunque Troncoso (1999) no reportó diferencias en el uso de SA sobre la reproducción.

A diferencia de nuestros hallazgos, Keady y col., (2001) en condiciones de estabulación, afirmaron que la suplementación con concentrados energéticos en el período seco retrasó el inicio de la ciclicidad, aumentó el número de servicios por concepción pero no tuvo efecto en el intervalo parto-concepción aunque la CC era mayor. Según Butler y col. (1981) y Butler y Smith (1989), el reinicio de la ciclicidad ovárica posparto está inversamente relacionado al máximo BEN, y cuanto más rápido se recuperen del mismo, comenzarán a ciclar y se preñarán más pronto. Por esta afirmación hubiéramos esperado encontrar mejores indicadores reproductivos en los animales suplementados con concentrados energéticos, pero al existir factores como el manejo

(detección de celos, momento de inseminación, etc.) que afectan el intervalo parto-concepción, es probable que la falta de diferencias encontradas no sea producto de los tratamientos.

El número de animales en nuestro estudio no es suficiente para sacar conclusiones en las variables reproductivas salvo en el reinicio de la actividad ovárica.

9. CONCLUSIONES

La utilización de un suplemento energético durante el parto tardío mejoró la CC en el parto y posparto e incrementó el consumo luego del parto. Sin embargo, los grupos suplementados sufrieron una caída más brusca de la CC cercana al parto, asociada a una mayor movilización grasa, determinada por un mayor nivel de NEFA y un incremento menor del colesterol durante el posparto. El aumento en la CC posparto en los grupos suplementados estuvo dada por un diferente patrón de consumo. Los grupos suplementados tuvieron una mayor concentración del tenor graso de la leche durante el primer mes posparto, lo que resultó en una mayor producción de leche corregida por grasa (al 4%). El grupo E+S tuvo un mayor intervalo parto-ovulación que el grupo E dado posiblemente por una caída en el consumo en la segunda semana posparto. Si bien el grupo C no tuvo un intervalo a la primera ovulación diferente al grupo E, éste no registró una caída en el consumo tan notoria como el grupo E+S.

La administración de sales aniónicas durante el parto no resultó en cambios en el metabolismo mineral en vacas en el periparto. Esto se debió posiblemente por no haber alcanzado los niveles esperados en el BCA de la dieta debido a que la ingesta fue menor a la recomendada ya que las sales aniónicas presentan muy baja palatabilidad inclusive con aditivos llegando a disminuir el consumo del mismo en un 40%. La práctica de administrar sales aniónicas en el parto, como método preventivo de dismetabolias en el posparto temprano debe ser evaluada cuidadosamente, a la luz de los presentes resultados.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Andersson L, Gustafsson AH, Emanuelson U. (1991). Effect of hyperketonaemia and feeding on fertility in dairy cows. *Theriogenology*; 36:521–536.
2. Bauchart, D. (1993). Lipid absorption and transport in ruminants. *J Dairy Sci*; 76:3864-3881.
3. Bauman DE, Currie WB. (1980). Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J Dairy Sci*; 63:1514-1529.
4. Beede DK, Risco DA, Donovan GA. (1992). Nutritional management of the late pregnant dry cow with particular reference to dietary cation-anion difference and calcium supplementation. In *Proceedings of the 24th. Annual Conference of the American Association of Bovine Practitioners, Orlando, 1992*, pp 51-55.
5. Belya RL, Frost GR, Martz FA, Clark JL, Forkner LG. (1978). Body composition of dairy cattle by potassium-40 liquid scintillation detection. *J Dairy Sci*; 61:206-211.
6. Block E. (1996). Anion-cation balance and its effect on the performance of ruminants. En: *Recent Developments in Ruminant Nutrition 3*. P.C. Garnsworthy and D.J.A. Cole, eds. Nottingham University Press, Nottingham, U.K., pp. 323-339.
7. Blood DC, Radostits OM. (1992). *Medicina Veterinaria, 7^a ed en español*, Nueva Editorial Interamericana, México, D.F., México. pp: 1598.
8. Butler WR (2000). Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reprod Sci*; 60-61:449-457.
9. Butler WR, Calaman JJ, Beam SW. (1996). Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *J Anim Sci*; 74:858–865.
10. Butler WR, Everett RW, Coppock CE. (1981). The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *J Anim Sci*; 53:742-748.
11. Butler WR, Smith RD. (1989). Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci*; 72:767-783.
12. Canfield RW, Butler WR. (1990). Energy balance and pulsatile luteinizing hormone secretion in early postpartum dairy cows. *Dom. Anim. Endocrinol*; 7:323-330.
13. Capen CC, Rosol TJ. (1989), *Calcium-Regulating Hormones and Diseases of Abnormal Mineral (Calcium, Phosphorus, Magnesium) Metabolism*, En: Kaneko JJ *Clinical Biochemistry of Domestic Animals, Fourth Edition*, Academic Press, San Diego, California 92101, USA, pp. 678-752
14. Cavestany D, Blanc JE, Kúlcser M, Uriarte G, Chilbroste P, Meikle A, Febel H, Ferraris A, Krall E (2005). Metabolic profiles of the transition dairy cow under a pasture-based milk production system. *J Vet Med A*; 52:1-7.
15. Cavestany D, Juanbeltz R, Canclini E, Elhordoy D, Lanzzeri S, Gama S, Martinez E, Galina CS. (2000). Evaluation of a Seasonal-Breeding Artificial Insemination Program in Uruguay by Milk Progesterone Radioimmunoassay. XXI Congreso Mundial de Buiatría. Punta del Este, URUGUAY, 4-8 diciembre.
16. Cavestany D, Meikle A, Chilbroste P. (2003). Manejo de la vaca lechera en transición en condiciones de pastoreo suplementado. PROGRAMA ECOS. Proyectos conjuntos de investigación científica Uruguay

17. Chilliard Y, Ferlay A, Faulconnier Y, Bonnet M, Rouel J, Bocquier F. (2000). Adipose tissue metabolism and its role in adaptations to undernutrition in ruminants. *Proc Nut Soc*; 59:127-138. .
18. Cirio A, Tebot I. (1998). Fisiología metabólica de los rumiantes. Depto. de Fisiología, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay 141pp.
19. Clark DA, Kanneganti VR. (1998). Grazing management systems for dairy cattle. Page 331 in *Grass for Dairy Cattle* J. H. Cherney and D. J. R. Cherney, eds. CAB International.
20. Curtis CR, Erb HN, Sniffen CJ, Smith RD, Kronfeld DS. (1985). Path analysis of dry period nutrition, postpartum metabolic and reproductive disorder and mastitis in Holstein cows. *J Dairy Sci*; 68:2347-2360.
21. Davenport DG, Rakes AH. (1969). Effects of pre-partum feeding level and body condition on the post-partum performance of dairy cows. *J. Dairy Sci*; 53:1037-1043.
22. de Vries MJ, Veerkamp RF. (2000). Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *J. Dairy Sci*; 83:62-69.
23. Decaen C, Ghadaki MB. (1970). La leche de la mama a la lechería. en: *Leche y productos lácteos vaca, oveja y cabra*. Ed Acribia, España pp:93-116.
24. DIEA 2001. Dirección de estadísticas agropecuarias M.G.A.P. Montevideo. Uruguay.
25. Dirksen G, Dori S, Arbel A, Schwarz M, Liebich HG. (1997). The rumen mucosa-its importance as a metabolic organ of the high producing dairy cow. *Israel J Vet Med A*; 52:73-79.
26. Drackley JK, Overton TR, Douglas GN. (2001). Adaptations of glucose and long-chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. *J Dairy Sci*; 84(Suppl.):E100-E112.
27. Drackley, JK. (1999). Biology of dairy cows during the transition period: The Final Frontier?. *J Dairy Sci*; 82:2259-2273.
28. Edmonson AJ, Lean J, Weaver LD, Farver T, Webster G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci*; 72:68-78.
29. *El Manual Merck de Veterinaria* (2000). 5^{ta} edición, Barcelona (España), Océano Grupo Editorial, S.A. 2558 pp.
30. Ferguson JD, Chalupa W. (1989). Symposium: Interactions of nutrition and reproduction. Impact of Protein Nutrition on Reproduction in Dairy Cows. *J Dairy Sci*; 72:746-766.
31. Flamenbaun D, Wolfenson P, Kunz L, Maman M, Berman A. (1995). Interactions Between Body Condition at Calving and Cooling of Dairy Cows During Lactation in Summer. *J Dairy Sci*; 78:2221-2229.
32. Frood MJ, Croxton D. (1978). The use of condition scoring in dairy cows and its relationship with milk yield and live weight. *Anim Prod*; 27:285-299.
33. Galyean ML, Estell LJ. (1996). Marked-based approaches for estimation of fecal output and digestibility in ruminants. *Oklahoma agric. Exp. Sta. Mp-121:96*
34. Gardner, RW. (1969). Interactions of energy levels offered to Holstein cows prepartum and postpartum. I. Production responses and blood composition changes. *J Dairy Sci*; 52:1973-1984.
35. Ghergariu S, Rowlands GJ, Pop A, Danielescu N, Moldovan NA. (1984). A comparative study of metabolic profiles obtained in dairy herds in Romania. *Br Vet J*; 140:600-608.

36. Gibb MJ, Ivings WE, Dhanoa MS, Sutton JD. (1992). Changes in the body components of autumn-calving Holstein-Friesian cows over the first 29 weeks of lactation. *Anim Prod*; 55:339-360.
37. Goff, JP. (2000). Pathophysiology of calcium and phosphorus disorders. *Vet Clinics North Am: Food Animal Practice*; 16:319-337.
38. Grum DE, Drackley JK, Younker RS, LaCount DW, Veenhuizen JJ. (1996). Nutrition during the dry period and hepatic metabolism of periparturient dairy cows. *J Dairy Sci*; 79:1850-1864.
39. Grummer, RR. (1993). Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci*; 76:3882-3896.
40. Grummer, RR. (1995). Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J Animal Sci*; 73:2820-2833.
41. Guard, C. (1997). Metabolic diseases: an overview. Herd approach. *Dairy Medicine. Proc 290. Post Graduate Foundation in Vet Sci, University of Sidney, Australia.* pp 247-253.
42. Hanai H, Brennan DP, Cheng L, Goldman ME, Chorev M, Levine MA, Sacktor B, Liang CT. (1990). Downregulation of parathyroid hormone receptors in renal membranes from aged rats. *Am J Physiol*; 259:444-450.
43. Herdt, TH. (2000). Ruminant adaptation to negative energy balance. Inferences on the Etiology of Ketosis and Fatty Liver. *Vet Clinics North Am: Food Animal Practice*; 16:720-749.
44. Hernandez-Urdaneta A, Coppock CE, McDowell RE, Gianola D, Smith NE. (1976). Changes in forage-concentrate ratio of complete feeds for dairy cows. *J Dairy Sci*; 59:695-707.
45. Heuer C, Schukken HY, Dobbelaar P. (1999). Post partum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. *J Dairy Sci*; 82:295–304.
46. Hollis BW, Draper HH, Burton JH, Etches RJ. (1981). A hormonal assessment of bovine parturient paresis: Evidence for a role of oestrogen. *J Endocrinology*; 88:161-171.
47. Holtenius K, Agenäs S, Delavaud C, Chilliard Y. (2003) Effects of Feeding Intensity During the Dry Period. 2. Metabolic and Hormonal Responses. *J Dairy Sci*; 86:883-891.
48. Ingraham RH, Kappel LC. (1988). Metabolic Profile Testing. *Metabolic Diseases of Ruminant Livestock 0749-0720. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*; 4:391-411.
49. Ingvarsen KL, Andersen JB. (2000). Integration of metabolism and intake regulation: a review focusig on periparturient animal. *J Dairy Sci*; 83:1573-1597.
50. Irigoyen, A. (1997). Proyecto de difusión y transferencia, cartilla n° 1 plan agropecuario. Instituto Plan Agropecuario, Montevideo, Uruguay
51. Keady TWJ, Mayne CS, Fitzpatrick DA, McCoys MA. (2001). Effect of Concentrate Feed Level in Late Gestation on Subsequent Milk Yield, Milk Composition, and Fertility of Dairy Cows *J Dairy Sci*; 84:1468-1479.
52. Kehrl ME Jr, Nonnecke BJ, Roth JA. (1989), Alterations in bovine peripheral blood lymphocyte function during the peripartum period. *Am J Vet Res*; 50:215-220.
53. Kolver ES, Muller LD. (1998). Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J Dairy Sci*; 81:1403-1411.

54. Kronfeld DS, Donoghue S, Copp RL, Stearns FM, Engle RH. (1982). Nutritional status of dairy cows indicated by analysis of blood. *J Dairy Sci*; 65:1925-1933.
55. Kunz PL, Blum JW, Hart IC, Bickel H, Landis. (1985). Effects of different energy intakes before and after calving on feed intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows. *Anim Prod*; 40:219-231.
56. Leaver, JD. (1985). Milk production from grazed temperate grassland. *J Dairy Res*; 52:313-44.
57. Majó, MC. (2004). Interpretación de la bioquímica clínica y hematológica en grandes animales. Boletín 19. Centro de Diagnostico Veterinario SA. Buenos Aires, Argentina. 12 pp.
58. Manston R, Russell AM, Dew SM, Payne JM. (1975). The influence of dietary protein upon blood composition in dairy cows. *Vet Rec*; 96:497-502.
59. Martens H, Schweigel M. (2000). Pathophysiology of grass tetany and other hypomagnesaemias. Implication for clinical management. *Vet Clinics North Am Food Animal practice*; 16:339-368.
60. McNamara JP, Hillers JH. (1986a). Adaptations in lipid metabolism of bovine adipose tissue metabolism in lactogenesis and lactation. *J Lipid Res*; 27:150-157.
61. McNeill D.M., Roche J.R., McLachlan B.P., and Stockdale C.R. (2002). Nutritional strategies for the prevention of hypocalcaemia at calving for dairy cows in pasture-based systems. *Aust. J Agric Res*; 53:755-770.
62. Mee JF, Snijders SE, Dillon P. (2000). Effect of genetic merit for milk production, Dairy cow breed and pre-calving feeding on reproductive fisiology and performance. Moorepark Production Research Centre, Teagasc. Ireland. Project N° 4343.
63. Meikle A, Blanc EJ, Krall E, Rodríguez Irazoqui M, Garófalo EG, Ferraris A, Cavestany D. (2002) Estado corporal, producción de leche y reinicio a la ciclicidad ovárica posparto en vacas lecheras en condiciones de pastoreo controlado. IX Congreso Latinoamericano de Buiatría, XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú 12 al 15 de Junio.
64. 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*; 127:727-737.
65. Moorby JM, Dewhurst RJ, Tweed JKS, Dhanoa MS, Beck NFG. (2000). Effects of altering the energy and protein supply to dairy cows during the dry period. 2. Metabolic and Hormonal Responses. *J Dairy Sci*; 83:1795-1805.
66. National Research Council. (1988). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6th. Ed. National Academy Press. Washington, D.C., USA. 450 pp.
67. Noceck JE, Steele RL, Braund DG. (1986). Prepartum grain feeding and subsequent lactation forage program effects on performance of dairy cows in early lactation. *J Dairy Sci*; 69:734-744.
68. Detzel, GR. (2000). Management of dry cows for the prevention of milk fever and mineral disorders. *Vet Clinics North Am: Food Animal Practice*; 16:369-386.
69. Pennington JA, Wilson DB, Young BE, Johnson RD, Vanderveen JE. (1987). Mineral content of market samples of fluid whole milk. *J Am Diet Assoc*; 87:1036-1042.
70. Pond KP, JC. Burns, Fisher DS. (1987). External markers – use and methodology in grazing studies. *Proc. Graz. Livestock Nutr. Conf. Jackson, Wyoming, USA*. pp 49-54.

71. Reksen O, Havrevoll O, Grohn YT, Bolstad T, Waldmann A, Ropstad E. (2002). Relationships among body condition score, milk constituents, and postpartum luteal function in norwegian dairy cows. *J Dairy Sci*; 85:1406–1415.
72. Roche JR, Dalley D, Moate P, Grainger C, Hannah M, O'Mara F, Rath M. (2000). Variations in the dietary cation-anion difference and the acid-base balance of dairy cows on a pasture-based diet in south-eastern Australia. *Grass Forage Sci*; 55:26-36.
73. Sandoval-Castro C, Quijano-Cervera R, Ramírez-Avilés L, Cetina-Góngora R. (2001). Determinación de cromo en heces bovinas : variaciones en los resultados en función de la fuente de heces para la preparación de la curva de calibración. *Rev Biomed*; 12:180-184.
74. Schmidt GH, Van vleek LD. (1974). Principles of dairy science. ED.W.H. Freeman and Company, USA. pp:558.
75. Shappell NW, Herbein MH, Deftos LJ, Aiello RJ. (1987). Effects of dietary calcium and age on parathyroid hormone, calcitonin and serum and milk minerals in the periparurient dairy cow. *J Nutr*; 117:201-207.
76. Simmons CR, Bergen WG, Van der Haar MJ, Sprecher DJ, Sniffen CJ, Stanisiewski EP, Tucker HA. (1994). Protein and fat metabolism in cows given somavubove before parturation. *J Dairy Sci*; 77:1835-1847.
77. Soder KJ, Holden LA. (1999). Use of anionic salts with grazing prepartum dairy cows, Dept of Dairy and Animal Science, The Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA.
78. Staples CR, Thatcher WW, Clark JH. (1990). Relationship between ovarian activity and energy status during the early postpartum period of high producing dairy cows. *J Dairy Sci*; 73:938-947.
79. Stockdale CR, Roche JR. (2002). A review of the energy and protein nutrition of dairy cows through their dry period and its impact on early lactation performance. *Aust. J. Agric. Res*; 53:737-753.
80. Tamminga S , Luteijn PA, Meijer RGM. (1997). Changes in composition and energy content of liveweight loss in dairy cows with tome after parturation. *Livestock Prod Sci*; 52:31-38.
81. Thatcher WW, Wilcox CJ. (1973). Postpartum estrus as an indicator of reproductive status in dairy cattle. *J Dairy Sci*; 56:608-610.
82. Townsend J. (2003). Anionic salts and dcad – an option for potassium and calcium forages in transition dairy cow rations. www.agry.purdue.edu/ForageDay/anionic.pdf
83. Troncoso, H. (1999). Dietas aniónicas y catiónicas en el período de transición y la reproducción”, 2do. Congreso internacional de médicos veterinarios zootecnistas especialistas en bovinos de la Comarca lagunera, Durango, México 21, 22, 23 de octubre de 1999.
84. Vagnoni DB, Oetzel GR. (1998). Effects of dietary cation-anion difference on the acid-base status of dry cows. *J Dairy Sci*; 81:1643-1652.
85. van Dijk CJ, Lourens DC. (2001). Effects of anionic salts in a pre-partum dairy ration on calcium metabolism. *J S Afr Vet Assoc*; 72:76-80.
86. Vazquez-Añón M, Bertic S, Luck M, Grummer RR. (1994). Peripartum liver triglycerides and plasma metabolites in dairy cows. *J Dairy Sci*; 77:1521-1528.

87. 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*; 71:1063-1072.
88. Von Gravert HO, Langner R, Diekmann L, Pabst K, Shulte-Coerne H. (1986). Ketokörper in Milch als Indikatoren für die Energiebilanz der Milchkühe. *Züchtungskunde*;58:309-318.
89. Waltner SS, McNamara JP, Hillers JK. (1993). Relationships of body condition score to production variables in high producing Holstein dairy cattle. *J Dairy Sci*; 76:3410-3419.
90. Weaver, LD. (1987). Effects of Nutrition on Reproduction in Dairy Cows. *Vet Clinics North Am; Food Animal Practice*; 3:513-532.
91. Whitaker DA, Smith EJ, da Rosa GO, Kelly JM. (1993). Some effects of nutrition and management on the fertility of dairy cattle. *Vet Rec*; 133:61-64.
92. Whitaker, DA. (2003). Metabolic Profiles, In: Andrews AH et al. *Bovine Medicine*, Second Edition, Blackwell Publishing, UK, 1230 pp.
93. Wittwer F, Bohmwald H, Contresras P, Phil M, Filoza J. (1987). Analisis de los resultados de perfiles metabólicos obtenidos en rebaños lecheros en Chile. *Arch Med Vet (Chile)* ; 19:35-45.

11. ANEXO

11.1 SUPLEMENTACIÓN ENERGÉTICA PREPARTO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE Y REPRODUCCIÓN EN VACAS HOLANDO EN PASTOREO

Dado que no se registró un beneficio en la adición de sales aniónicas y que este grupo se comportó de manera intermedia entre los grupos control (C) y suplementado (E), se realizó un análisis por separado de éstos, para determinar los efectos de la suplementación energética en los parámetros productivos y reproductivos.

11.1.1 Resultados

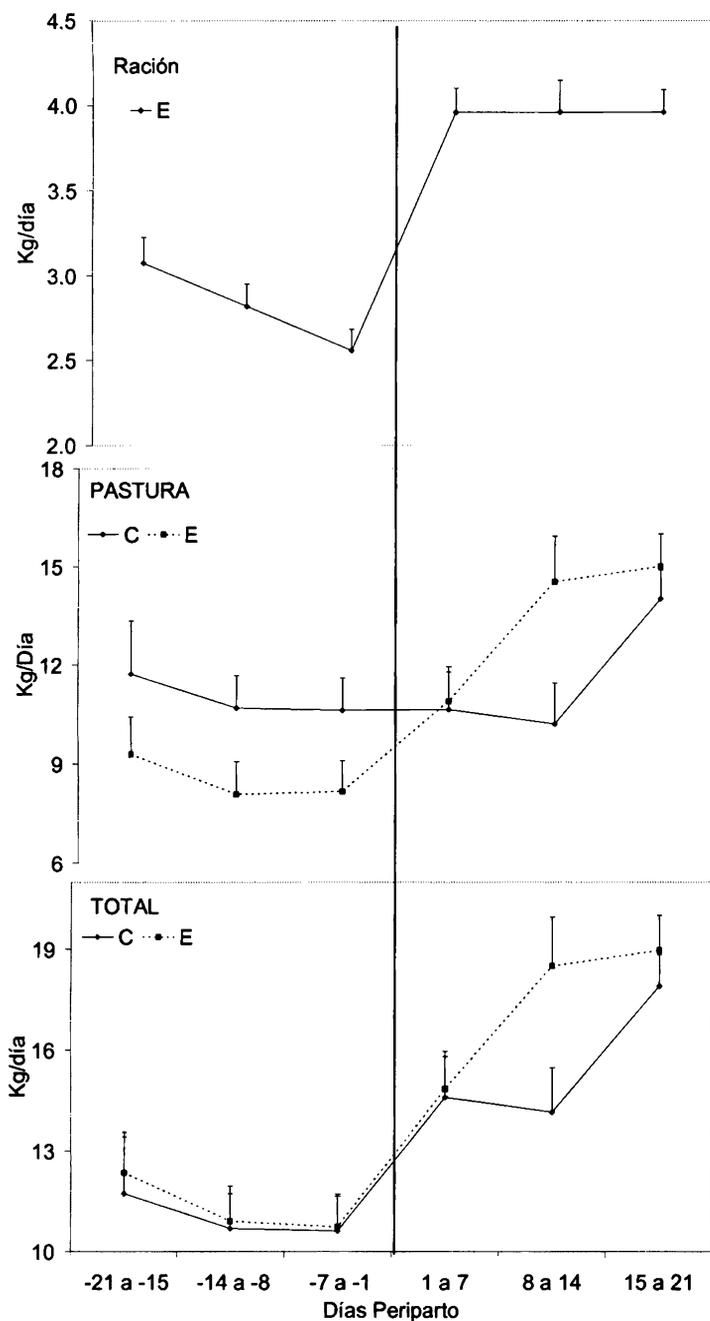


Figura A: Evolución del consumo de concentrado (panel superior), pastura más ensilaje (panel medio) y total (panel inferior) durante las tres semanas previas y las tres semanas posteriores al parto en vacas sin suplemento (C) y suplementadas durante el preparto con concentrados (E)

Se observa un mayor consumo de pastura en el preparto para el grupo C y para el posparto para el grupo E (Figura A panel del medio). El menor consumo de pastura del grupo E en el preparto puede deberse a un efecto sustitución. El consumo total fue mayor para el grupo E en la segunda semana posparto (Figura A panel inferior). Este

mayor consumo posparto se puede explicar por una mejor adaptación ruminal al suplemento energético.

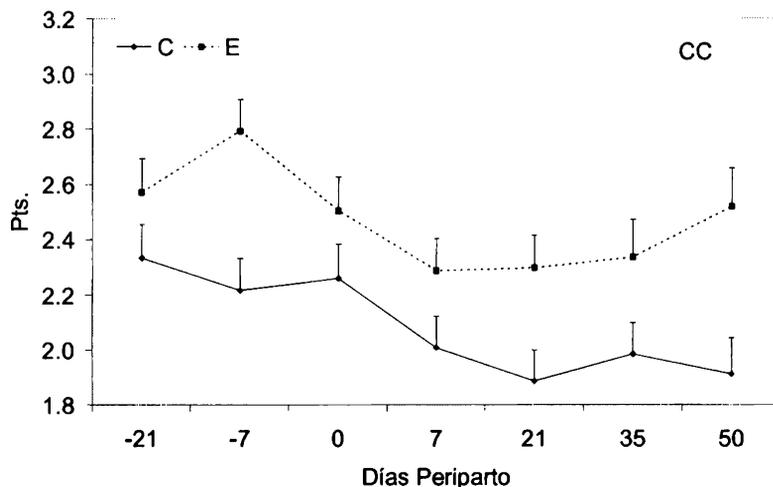


Figura B; Evolución de la condición corporal durante las 3 semanas previas y las 7 posteriores al parto (C: grupo control; E: grupo suplementado con maíz)

La figura B muestra la evolución de la CC para ambos grupos. Los animales suplementados mostraron un marcado aumento en la CC de los días -21 a -7 comparado con el grupo C, seguido por una caída de la misma la semana previa al parto que se prolongó hasta la semana después del mismo. Al día 50 posparto los niveles fueron similares a los alcanzados en el parto. El grupo control apenas mantuvo la CC durante el período preparto y tuvo una pérdida de la misma después del parto la cual se mantuvo durante todo el período experimental. La suplementación preparto mejora la utilización de la alimentación posparto, reflejado en una mayor CC.

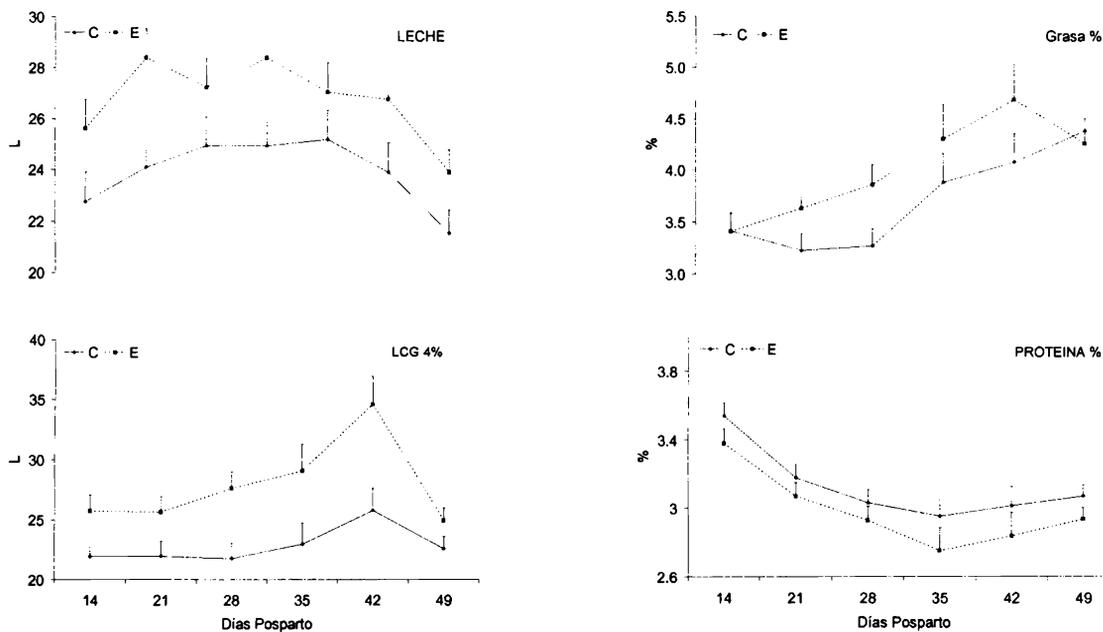


Figura C: Producción semanal de leche (superior izquierda), porcentaje de grasa (superior derecha), leche corregida por grasa al 4% (inferior izquierda) y proteína (inferior derecha), durante las primeras 7 semanas posparto en vacas sin suplemento (C) y suplementadas durante el preparto con concentrados (E)

El grupo E tuvo mayor producción de leche durante todo el período experimental (Figura C, panel superior izquierdo). De la misma manera la LCG fue mayor para el grupo energía hasta el día 42 posparto cuando descendió a niveles similares al grupo control (Figura C, panel inferior izquierdo). Esto está asociado a un mayor contenido de grasa de la leche al grupo E. Estos resultados muestran que la suplementación energética preparto beneficia la producción y composición láctea. Esto puede deberse a una mayor movilización de grasa y a un mayor consumo.

UCO. Y. E.
 FEEL

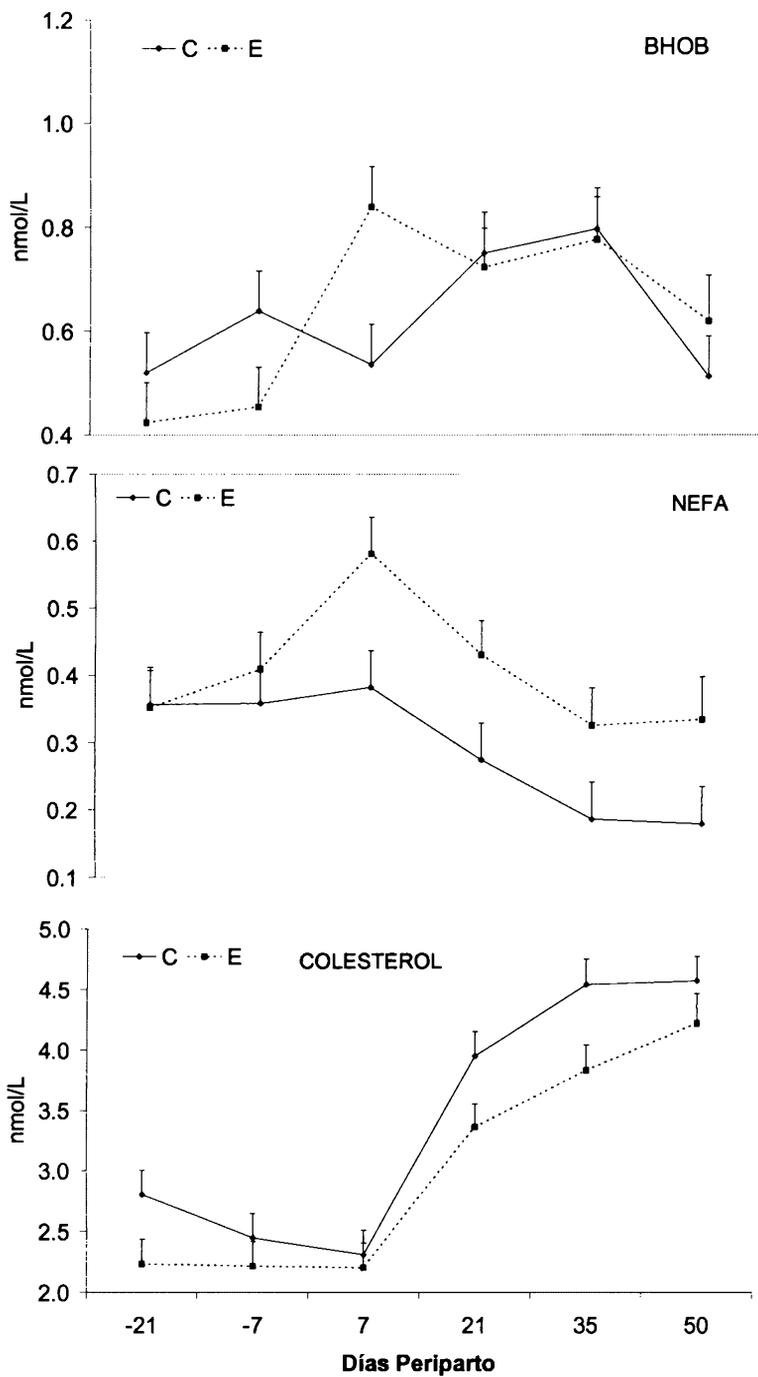


Figura D: Concentraciones séricas de Ácidos Grasos No Esterificados (NEFA), Betahidroxibutirato (BHOB) y colesterol desde las 3 semanas previas a las 7 semanas posteriores al parto en vacas sin suplemento (C) y suplementadas durante el preparto con concentrados (E).

El grupo E mostró mayores niveles de NEFA durante todo el posparto. En ambos grupos se observó un descenso a partir del día 7. El grupo E tuvo un aumento abrupto de BHOB en la primera semana posparto (Figura D, panel del medio). En ambos grupos los niveles de BHOB retornaron a los valores preparto al día 50 (Figura D, panel superior). Como lo dicho anteriormente, los mayores niveles de NEFA y BHOB para el grupo E corresponden a una mayor movilización grasa.

Cuadro V: Indicadores Reproductivos

Intervalo parto a:	CONTROL	ENERGÍA
Ovulación	37.4±3.7 ^a	25.0±3.7 ^b
Primer celo	54.4±4.1 ^a	40.1±4.1 ^b
Primer servicio	93.6±6.7 ^c	76.5±6.7 ^d
Concepción	127.3±14.0 ^a	110.1±14.0 ^a

^{a, b}: Diferentes letra entre columnas difieren P<0.05

^{c, d}: Diferentes letra entre columnas difieren P<0.09

El grupo suplementado tuvo intervalos del parto a: primera ovulación, primer celo, primer servicio más corto. Esto podría estar dado porque la suplementación preparto permite que se recuperen antes del BEN mejorando sus indicadores reproductivos.