

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS
INSTITUTO DE CIENCIAS CLÍNICAS VETERINARIAS

**EVALUACIÓN METABÓLICA DE VACAS EN LACTANCIA TEMPRANA
PASTOREANDO PRADERA DE OTOÑO CON ALTA O BAJA DISPONIBILIDAD Y
SUPLEMENTADAS CON CONCENTRADO AMILACEO O FIBROSO**

Memoria de Título presentada como parte
de los requisitos para optar al TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO

LUIS EDUARDO BARRIENTOS SALDIVIA

VALDIVIA – CHILE

2008

PROFESOR PATROCINANTE

Dra. Mirela Noro

Nombre

Firma

PROFESOR COPATROCINANTE

Dr. Rubén Pulido F.

Nombre

Firma

PROFESOR COLABORADOR

Dr. Fernando Wittwer M.

Nombre

Firma

PROFESORES CALIFICADORES

Dr. Wolfgang Stehr

Nombre

Firma

Dr. Marcelo Ratto

Nombre

Firma

FECHA DE APROBACIÓN:

28 de octubre del 2008

**A mi familia, novia y amigos por su
apoyo en estos difíciles, gratos y memorables años .**

ÍNDICE

Capítulo	Página
1. RESUMEN.....	1
2. SUMMARY.....	2
3. INTRODUCCIÓN.....	3
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
5. RESULTADOS.....	16
6. DISCUSIÓN.....	24
7. BIBLIOGRAFÍA.....	32
8. ANEXOS.....	38
9. AGRADECIMIENTOS.....	40

1. RESUMEN

En el Sur de Chile, el sistema de producción de leche más económico es el basado en pradera, usando la suplementación estratégica con concentrados. El objetivo de este ensayo fue evaluar el balance metabólico proteico, energético y mineral de vacas lecheras en pastoreo de otoño con alta o baja disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo o fibroso.

Se utilizaron 28 vacas Frisón Negro, durante un periodo de 60 días, asignadas en 4 tratamientos de 7 animales cada uno, seleccionados en base a la producción, días postparto, número de partos, peso y condición corporal: Baja disponibilidad de pradera AB (amiláceo), FB (fibroso); Alta disponibilidad AA (amiláceo) y FA (fibroso). Las vacas recibieron 5 kg/día de concentrado amiláceo o fibroso, en las ordeñas de la mañana y tarde. La pradera, en base a ballica (*Lolium sp*) fue ofrecida con una disponibilidad de 25,5 (baja) y 38,2 (alta) kg MS/vaca/día. De cada animal se obtuvieron muestras de sangre (n=8) cada 7 días. Se determinaron las concentraciones sanguíneas de β -OH butirato, ácidos grasos no esterificados (NEFA), glucosa, albúminas, urea, Ca, P y Mg. Los datos fueron analizados usando estadística descriptiva, determinándose diferencias con ANDEVA y las pruebas de Tukey o Kruskal Wallis, empleando el programa Statistix 8.0 con un nivel de significación de 95%.

Las concentraciones de glucosa fueron similares en todos los tratamientos ($p>0,05$), reflejando un estrecho control hormonal. Las concentraciones de NEFA fueron mayores en el grupo FA ($p<0,05$) indicando mayor movilización de grasa por mayores requerimientos de acetil-CoA. Las concentraciones de β -OH butirato fueron superiores en el grupo FB, menores en el grupo AB, indicando un mejor balance energético ($p<0,05$). Las concentraciones de urea fueron mayores en el grupo FB, menores en los grupos AB y FA ($p<0,05$), indicando una mejor sincronía de la fermentación ruminal de proteína:energía. Las concentraciones de albúmina fueron mayores en el grupo FA, indicando un mejor balance proteico. Las concentraciones de Ca fueron menores en los grupos AB y AA ($p<0,05$) por la estrecha relación Ca:P en la dieta. Las concentraciones de P fueron menores en los grupos FB y FA ($p<0,05$) por el menor contenido de P en el concentrado. Las concentraciones de Mg fueron menores en el grupo FB, debido a una mayor movilización grasa, y mayores en el grupo FA ($p<0,05$).

Los antecedentes permiten concluir que el balance metabólico energético y proteico es favorecido usando concentrado amiláceo en condiciones de baja disponibilidad de pradera y concentrado fibroso en alta disponibilidad.

Palabras claves: Disponibilidad de pradera, suplementación, energía, metabolismo.

2. SUMMARY

METABOLIC EVALUATION OF EARLY LACTATING DAIRY COWS ON AUTUMM GRAZING WITH HIGH OR LOW PASTURE ALLOWANCE SUPPLEMENTED WITH STARCH OR SUGAR BEET PULP BASED CONCENTRATES

In the south of Chile, the most economic milk production system is grazing, using strategic concentrate supplementation. The objective of this investigation was to evaluate the energetic, protein and mineral metabolic balance in dairy cows grazing autumn pasture with high or low pasture allowance supplemented with starch or sugar beet pulp based concentrates.

Twenty-eight Frison Negro cows were used, during a 60 day experimental period, assigned in four treatments of 7 cows each, selected by milk yield, postpartum days, number of calving, weight and corporal condition: Low pasture allowance AB (starch), FB (sugar pulp); High pasture allowance AA (starch), FA (sugar pulp). The cows received 5kg/day of starch or sugar beet pulp concentrate in the A.M and P.M milkings. The pasture was ryegrass (*Lolium* sp) based, offered with allowances of 25,5 (low) and 38,5 (high) kg/DM/cow/day. 8 blood samples were obtained of each animal on 7 days intervals. Blood concentrations of β -OH butyrate, non esterified fatty acids (NEFA), glucose, albumins, urea, Ca, P and Mg were determined. The data was analyzed using descriptive statistics, determining differences with ANOVA, Tukey and Kruskal Wallis test, using Statistix 8.0 with a 95% signification level.

Glucose concentrations were similar on all treatments ($p < 0,05$), reflecting the close hormonal control. NEFA concentrations were higher on FA group ($p < 0,05$), indicating higher fat mobilization in response for greater acetyl-CoA requirements. β -OH butyrate concentrations were higher on FB group and lower on AB group, reflecting a better energetic balance ($p < 0,05$). Urea concentrations were higher on FB group, lower on AB and FA groups ($p < 0,05$), reflecting a better protein: energy ruminal synchronism; also FA group had higher albumin concentration ($p < 0,05$). Ca concentrations were lower on AB and AA groups ($p < 0,05$) due narrow Ca:P relationship of the diet. P concentrations were lower on FB and FA groups ($p < 0,05$) due lower concentrate P content. Mg concentrations were higher on FA and lower on FB group, due greater adipose mobilization ($p < 0,05$).

Based on the results it can be concluded that the energetic and protein balance is improved using starch based concentrates in conditions of low pasture allowance, and sugar beet pulp based concentrates on high pasture allowance.

Key words: Pasture allowance, supplementation, energy, metabolism.

3. INTRODUCCIÓN

En Chile, los sistemas de producción de leche se basan en el consumo de pradera como alternativa más económica en comparación con los sistemas de estabulación (Pulido y col 2006), debido a que la pradera es la fuente más económica de nutrientes (Clark y Kanneganti 1998). Sin embargo, la alta producción individual, producto de la incorporación de genética Holstein sobre vacas doble propósito (Aguilera 2003) y el dinámico valor nutricional de la pradera, hacen insuficiente el uso de esta como fuente única de nutrientes (Kolver y Muller 1998). El bajo consumo de materia seca es la principal limitante de la producción de leche en vacas de alta producción (Leaver 1985). En la temporada otoño-invierno, las praderas permanentes del sur de Chile presentan la menor disponibilidad y porcentaje de materia seca (MS) de todo el año (Canseco y col 2007), siendo necesario suplementar estratégicamente con concentrados o forrajes conservados (Bargo y col 2003).

Las principales fuentes de carbohidratos usadas en concentrados en el sur de Chile corresponden a cereales con alto contenido de almidón, tales como maíz, cebada, avena o concentrados ricos en fibra, como la coseta de la remolacha. Los concentrados fibrosos se caracterizan por poseer una gran cantidad de carbohidratos fermentables (Kido 1988), una fermentación ruminal más lenta en comparación con los concentrados amiláceos (Voelker y Allen 2003) y provocar un incremento en la relación ácido acético: propiónico en el rumen (Webster 1993, Piatkowski 1982). La coseta de remolacha contiene alrededor de 40% de fibra detergente neutro (FDN), la que es degradada mucho más rápido que la FDN de forrajes (Voelker y Allen 2003) y es rápidamente fermentable en el rumen (Anrique 2008), debido a su alto contenido de pectinas y bajo en lignina (Clark y Armentano 1997). A diferencia del almidón, la fermentación de la pectina no inhibe la digestión de la hemicelulosa o celulosa, debido al control del pH ruminal por la capacidad tampón de las pectinas (Anrique 2008). Sin embargo, cuando se usan altas cantidades de concentrado fibroso disminuye el consumo de materia seca por distensión ruminal; también provoca un aumento porcentual de grasa láctea al incrementar la proporción de ácido acético en el rumen (Voelker y Allen 2003). En vacas de alta producción alimentadas con coseta de remolacha, la cantidad de proteína láctea fue menor que en vacas alimentadas con maíz, efecto atribuible al menor aporte de energía neta de lactancia (EN_L), limitante en la producción de proteína láctea al generar menores concentraciones de ácido propiónico en el rumen (Bargo y col 2003).

Los concentrados con almidón como fuente de carbohidratos se caracterizan por acidificar el pH ruminal, disminuyendo la actividad de las bacterias celulolíticas, la digestión de la fibra, la velocidad de paso, el consumo de MS (Dixon y Stockdale 1999, Daetz 2004) y aumentan la producción de ácido propiónico, el principal precursor neoglucogénico de los

rumiantes, situación que no ocurre al suplementar con concentrados fibrosos (Khalili y Sairanen 2000). Los concentrados de rápida degradabilidad originan un efecto de sustitución en comparación con concentrados fibrosos de mas lenta fermentación (Bargo y col 2003).

En el periodo de lactancia temprana la vaca expresa su máximo potencial productivo, sin embargo el consumo voluntario se encuentra disminuido debido a la acción de las hormonas involucradas en el parto e inicio de la lactancia (Roberts 1981). Eso produce un balance energético negativo ocasionado por un bajo consumo de energía y alta producción, dando origen a procesos catabólicos inicialmente fisiológicos pero que dependiendo de la severidad de la restricción energética puede dar origen a múltiples procesos patológicos (Galvis y Cardona 2002). El Síndrome de Movilización grasa ocurre cuando el almacenamiento de lípidos en el hígado excede la oxidación y secreción de estos, almacenándose en forma de triglicéridos ocasionando disfunciones metabólicas en el hígado (Grummer 1993, Drackley 1999). En vacas lecheras, este síndrome ocurre en las primeras 4 semanas post-parto (Grummer 1993) teniendo como causa la insuficiente ingesta energética necesaria para cumplir los requerimientos de mantención y producción (Goff y Horst 1997, Herdt 2000). De esta manera, ácidos grasos no esterificados (NEFA) son movilizados desde los depósitos grasos, a menudo en forma excesiva, hacia el hígado (Bruss 1997) disminuyendo la función hepática, disminuyendo la glucemia y la producción de lactosa en la leche, ya que son dependientes de la gluconeogénesis hepática (Contreras 1998).

En plasma, el déficit de energía se refleja en concentraciones disminuidas de glucosa e insulina (Bobe y col 2004), aumento en las concentraciones de β -Hidroxibutirato (β -OH butirato), NEFA y urea (Bruss 1997, Wittwer y col 1993) y en leche, un aumento en las concentraciones de acetona, acetoacetato y urea (Herdt 1988). Así, el balance del metabolismo energético puede ser evaluado mediante las concentraciones de glucosa, NEFA, β -OH butirato en plasma y cuerpos cetónicos en orina o leche. El balance metabólico proteico es evaluado mediante la concentración plasmática de urea y albúminas. La urea refleja el balance diario de nitrógeno proteico o no proteico de acuerdo a la ingesta de proteína en la ración, como la relación proteína: energía de esta (Roseler y col 1993, Wittwer 2000), mientras que la concentración de albúminas refleja el balance proteico a largo plazo, en relación al contenido proteico de la ración y la síntesis de albúmina en el hígado (Contreras 2000).

En contraste, los requerimientos de aminoácidos en los rumiantes no pueden ser satisfechos movilizando sus reservas proteicas, por lo que las necesidades proteicas deben ser aportadas por la dieta (Miller 1979). La proteína degradable de la ración es sometida a fuertes cambios por parte de los microorganismos ruminales, degradándose a péptidos y aminoácidos en el rumen, siendo utilizados en la síntesis de proteína microbiana o hidrolizada y deaminada, produciendo amonio como producto principal. A pesar de que la proteína microbiana puede aportar cerca del 60-80% de los aminoácidos absorbidos por el intestino, en los animales con

producción mediana-alta la cantidad de proteína microbiana es insuficiente para satisfacer los requerimientos de producción, por lo que asume un importante rol la proteína “by pass”, la cual escapa la degradación de los microorganismos ruminales, pasando al omaso, abomaso y luego al intestino delgado para su absorción (NRC 2001).

3.1. METABOLISMO ENERGÉTICO

3.1.1. Glucosa

Los rumiantes dependen de la producción de ácidos grasos volátiles como el propionato y de la gluconeogénesis hepática para satisfacer sus requerimientos de glucosa. Más del 60% de la glucosa plasmática es utilizada por la glándula mamaria durante la lactancia, y cerca del 50 a 85% es utilizada en la síntesis de lactosa (Knowlton y col 1998). La producción de ácido propiónico es mayor al administrar concentrados de origen amiláceo por su rápida fermentación. Una baja relación propionato: butirato-acetato en el rumen disminuye la gluconeogénesis hepática, la glucemia, y consecuentemente el aporte de glucosa a la glándula mamaria y la síntesis de lactosa (Huhtanen y col 1993, Miettinen y Huhtanen 1996).

La determinación de las concentraciones plasmáticas de glucosa como marcador bioquímico del metabolismo energético presenta el inconveniente de su sensibilidad en situaciones de stress (González 2000) y ser poco sensible a cambios nutricionales, debido al fuerte control homeostático que el organismo ejerce sobre su concentración (Wittwer 2000). Además factores como la hora de obtención de la muestra y el manejo adecuado de esta, para evitar situaciones como la glucólisis *in vitro*, producen variaciones en las concentraciones de glucosa en la muestra (Wittwer 2000). Sin embargo, la cuantificación de las concentraciones de glucosa aún es de utilidad en condiciones de severa restricción nutricional en animales gestantes y en lactancia (González 2000).

3.1.2. Ácidos grasos libres (NEFA)

Durante el parto, el consumo voluntario disminuye por lo cual el organismo recurre a la movilización de reservas energéticas para satisfacer sus requerimientos para el crecimiento fetal y posteriormente la producción de leche (Grummer 1995). Cuando existe un déficit de energía, las hormonas lipolíticas provocan la activación de una lipasa hormonasensible que actúa sobre triglicéridos, mediante AMPc, la cual degrada los triglicéridos a NEFA y glicerol, los cuales son transportados al hígado vía albúminas específicas (Contreras 1998). A pesar de que altas concentraciones plasmáticas de NEFA son tóxicas (Jorritsma y col 2004), también pueden ser utilizados como fuente de energía en el hígado o en tejidos periféricos, como el músculo, a través de oxidación mitocondrial o el ciclo de Krebs (Drackley 1999, Bruss 1997). Si la movilización de NEFA es mayor que su utilización hepática, son reesterificados y convertidos en triglicéridos o metabolizados a -OH butirato (Kaneko 1997). La acumulación de triglicéridos en el hígado, producto del déficit de

energía, esta determinada principalmente por las concentraciones de NEFA plasmáticas. Cuando las concentraciones plasmáticas de NEFA son elevadas, la cantidad de triglicéridos hepáticos aumenta en pocos días, debido a la baja capacidad de los rumiantes de secretar los triglicéridos acumulados en el hígado a través de lipoproteínas de baja densidad (VLDL) (Cadorniga-Valiño y col 1997, Herdt y col 1988).

La determinación de las concentraciones plasmáticas de NEFA es una herramienta útil para la evaluación de la movilización de reservas adiposas en vacas durante el periodo periparto (Brickner y col 2007) pudiendo emplearse desde una semana preparto. Las concentraciones plasmáticas de NEFA varían durante el día y en especial durante la lactancia temprana (Eicher y col 1998) considerándose normales concentraciones plasmáticas hasta 0,5 mmol/L (Duffield 2004). También ha sido documentado que las concentraciones de NEFA varían según la cantidad de concentrado, la hora de alimentación (Blum y col 2000) y el protocolo de muestreo (Brickner y col 2007). La utilidad de NEFA como herramienta de diagnóstico se comprobó en un estudio donde las concentraciones de NEFA medidas en muestras obtenidas una semana antes del parto estaban fuertemente relacionadas con las concentraciones de -OH butirato medidas 1 semana postparto, concluyéndose que vacas con concentraciones plasmáticas de NEFA mayores a 0,7 mmol/L tienen 5 veces más riesgo de presentar cetosis subclínica (Duffield 2004).

3.1.3. Cuerpos Cetónicos

Los cuerpos cetónicos, -OH butirato y acetoacetato, son productos del metabolismo energético y lipídico de los rumiantes. El ácido butírico de la dieta es utilizado principalmente como fuente de energía para la musculatura ruminal y cantidades adicionales son transformadas en -OH butirato (Oetzel 2007, Wittwer 2000), vía acetoacetato, en el epitelio de los “preestómagos”. Por otra parte, los triglicéridos almacenados en las reservas corporales del animal son utilizados por el hígado en la síntesis de acetoacetato y después -OH butirato, el cual es utilizado en la síntesis de grasa láctea (Wittwer 2000). En el hígado, la degradación de los ácidos grasos provenientes del catabolismo de triglicéridos se da por β -oxidación, dando origen a moléculas de acetyl-CoA, las que incorporadas al ciclo de Krebs producen energía en forma de ATP. Cuando la cantidad de grasa movilizada excede la capacidad de oxidación del hígado, las moléculas de acetyl-CoA no ingresan al ciclo de Krebs por insuficiencia de oxalacetato, transformándose el excedente de acetyl-CoA en cuerpos cetónicos. En estas circunstancias el exceso de ácidos grasos y glicerol que ingresa al hepatocito no se oxida, se reesterifica y origina triglicéridos dentro de la célula hepática (Herdt 1988, Grummer 1993).

De esta manera, los cuadros de cetosis se producen cuando la producción de cuerpos cetónicos excede su utilización hepática debido a un déficit de energía (oxalacetato), al mismo tiempo que la glándula mamaria requiere de un alto porcentaje de glucosa sanguínea para la síntesis de lactosa (Wittwer 2000). También se ha demostrado que altas concentraciones de

-OH butirato y acetoacetato en plasma disminuyen la tasa de β -oxidación hepática, gluconeogénesis y el ciclo de Krebs en hepatocitos (Bobe y col 2004).

La cuantificación de β -OH butirato en muestras de plasma o suero es la prueba estándar en la actualidad para el diagnóstico de cetosis subclínica (Duffield 2004, Herdt 2000), siendo su concentración variable de acuerdo a la ingesta, por lo que las muestras deben ser tomadas a la misma hora del día (Duffield y col 2004). Esta técnica detecta desde de 0,1 mmol/L, considerándose un valor máximo de 0,5 mmol/L, y para vacas en lactancia temprana, 0,8 mmol/L. La concentración más aceptada para diagnosticar cetosis subclínica en muestras de sangre es 1,4 mmol/L (Geisshauser y col 2001, Duffield y col 2004). También en terreno se puede utilizar la prueba de Rothera (nitroprusiato de sodio), usando como muestra leche, suero, plasma u orina. Este método puede detectar concentraciones desde 10mg/dl, equivalentes a 1,7 mmol/L de acetona o 1,0 mmol/L de β -OH butirato. Esta prueba tiene mayor sensibilidad al acetoacetato y acetona y en menor medida, al β -OH butirato (Wittwer 2000). El uso de nitroprusiato de sodio como reactivo en muestras de leche tiene baja sensibilidad pero una alta especificidad (Carrier y col 2004).

3.2. METABOLISMO PROTEICO

3.2.1. Urea

La urea es un producto de excreción derivado del metabolismo nitrogenado, y en conjunto con las concentraciones plasmáticas de albúmina proveen información sobre el metabolismo proteico del animal (González 2000). En los rumiantes, 60 a 80% de la proteína de la ración es transformada en amonio, el cual es utilizado por los microorganismos ruminales para la síntesis de proteína microbiana; el excedente es absorbido a través de la pared del rumen, donde es transportado vía sanguínea al hígado, siendo transformado mediante la condensación con CO_2 (Visek 1979) en urea, la cual se excreta vía renal, existiendo una fracción que vuelve al rumen por la saliva (Radwell 2000).

Las concentraciones plasmáticas de urea dependen del aporte proteico de la ración, así como de la relación proteína: energía en el rumen; concentraciones plasmáticas bajas de urea reflejan una dieta deficitaria en proteína y concentraciones altas indican un exceso de proteína, déficit de energía o asincronismo entre la degradación de la proteína y energía de la ración. Una disminución de energía en la ración está inversamente relacionada con la concentración ruminal de amonio, debido a la disminución en la síntesis de proteína microbiana, la cual es dependiente de energía, provocando un aumento en las concentraciones plasmáticas de urea (Wittwer 2000). El exceso de proteína en la ración se traduce en altas concentraciones plasmáticas de urea, provocando problemas de salud y fertilidad en vacas lecheras (Godden y col 2001), como también un gasto energético, al ser la formación de urea un proceso que requiere energía. También se ha observado un aumento en las concentraciones de urea en

animales deshidratados, debido a hemoconcentración (Contreras 2000). Concentraciones de 2,6 a 7,0 mmol/L de urea en plasma se consideran valores de referencia en bovinos (Wittwer 2000).

3.2.2. Albúminas

La albúmina es la proteína más abundante en el plasma sanguíneo, representando el 50-65% de las proteínas plasmáticas (Contreras 2000, González 2000). Son sintetizadas en el hígado y sus concentraciones están en directa relación con el aporte proteico de la ración y la capacidad de síntesis hepática (Contreras 2000). Su función es mantener la osmolaridad plasmática, transportar ácidos grasos libres, aminoácidos y bilirrubina (González 2000). En animales alimentados con raciones deficientes en proteínas por periodos prolongados, las concentraciones plasmáticas de albúmina disminuyen, si bien de manera mas lenta y mas tardía en comparación con la urea. Al inicio de la lactancia, se observa una disminución de las concentraciones de albúmina para luego aumentar paulatinamente siempre y cuando la dieta cumpla con los requerimientos proteicos del animal. En rebaños con concentraciones de albúminas dentro de los valores de referencia en las primeras 10 semanas postparto se observa mayor producción láctea y mejor fertilidad en comparación con rebaños con valores bajo la referencia. Cuando la ración es deficiente en proteínas, la disminución en las concentraciones de albúminas puede durar 2 a 3 meses (Contreras 2000).

La causa por la cual las concentraciones séricas de albúmina disminuyen en el periodo postparto no esta clara, postulándose que aminoácidos son utilizados para la síntesis de proteína láctea a expensas de albúmina, mientras que otros autores señalan que la menor capacidad de síntesis hepática, derivada del Síndrome de Movilización grasa, seria responsable. También en enfermedades infecciosas se observa aumento de globulinas y disminución de albúminas plasmáticas (Contreras 2000) como también en procesos crónicos como alteraciones renales, parasitismo y desordenes gastrointestinales, mientras que el aumento relativo en las concentraciones de albúmina se deben a hemoconcentración (López 1999).

3.3. MINERALES

Los minerales constituyen cerca del 2 a 5% del peso vivo de un animal. Las deficiencias pueden ser estudiadas a partir del análisis de los alimentos constituyentes de la dieta, sin embargo, las interferencias y variaciones en la disponibilidad hacen que el análisis de sangre sea la herramienta de preferencia para el diagnostico de deficie ncias minerales (González 2000). Concentraciones inadecuadas de calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) pueden causar que una vaca pierda su capacidad de mantenerse de pie, ya que estos minerales están relacionados con la actividad muscular y nerviosa. Un a disminución menos severa en las concentraciones plasmáticas de estos minerales puede causar disminución del consumo

voluntario, motilidad ruminal, productividad y un aumento en la susceptibilidad a otras enfermedades metabólicas e infecciosas (Goff 2006).

Las concentraciones de calcio plasmático están sujetas a control endocrino, el cual involucra a la paratohormona (PTH), calcitonina (CT) y la vitamina D₃, las que actúan eficazmente para mantener la homeostasis mineral, en especial en periodos de alta demanda como la gestación y la lactancia temprana. Esta última demanda hasta 36 gramos de Ca en una vaca que produce 30 litros, es decir, 4 veces más la cantidad de Ca circulante en el plasma sanguíneo, por lo que el organismo recurre a la movilización de Ca óseo para satisfacer los requerimientos. Cualquier interferencia en la movilización o absorción de Ca, tales como desbalances en la relación Ca: P de la dieta, la baja cantidad de proteína en la dieta, la ingesta de Mg, el aumento del pH sanguíneo y hipomagnesemia puede causar hipocalcemia y fiebre de leche (González 2000, Goff 2006).

El Mg cumple un importante rol en la actividad neuromuscular y como cofactor enzimático en múltiples procesos metabólicos, entre ellos la movilización de Ca desde el tejido óseo. No está sujeto a un control hormonal, por lo que su concentración depende del aporte y absorción desde los alimentos. La absorción puede ser interrumpida por múltiples factores, tales como la relación sodio (Na): potasio (K), la cantidad de Ca, P y K de la dieta y las concentraciones de amonio ruminal entre otros. La hipomagnesemia puede predisponer a fiebre de leche y en deficiencias más severas, tetania hipomagnésica. En vacas con balance energético negativo, la lipólisis enzimática de los triglicéridos requiere de magnesio como cofactor, pudiendo originar hipomagnesemia (González 2000).

El P participa en la mineralización ósea, forma parte del ADN, ARN, ATP y los fosfolípidos de las membranas celulares. La variación en las concentraciones plasmáticas de P es multifactorial, dependiendo de las necesidades para el crecimiento óseo y muscular del feto, las pérdidas fecales, urinarias y lácteas en contraposición con la absorción intestinal o resorción ósea. Al inicio de la lactancia la producción de leche y calostro moviliza una gran cantidad de P desde el plasma, pérdida que se ve incrementada en animales que cursan hipocalcemia debido a que la PTH aumenta la pérdida urinaria y salival de P (Rosol y Capen 1997).

3.4. OBJETIVOS

Presentando los antecedentes previos resulta claro la necesidad de suplementar con concentrados altamente energéticos a los animales en el periodo postparto, para compensar el balance energético negativo derivado de la disminución del consumo voluntario y mayor producción láctea (Strauch 2003, Bargo y col 2003). La suplementación debe ser de manera estratégica para obtener niveles productivos sobre aquellos obtenidos con pradera, en periodos de escasez de forraje, mediante el aumento en el consumo de MS (Pulido y col 1999). Por lo tanto, bajo las condiciones de pastoreo otoñal y la producción de leche de los animales es de esperar que la suplementación con concentrados energéticos en base a maíz o coseta de remolacha mejore la producción y balance metabólico de los animales.

Considerando los anteriores antecedentes, se plantea como hipótesis que la suplementación con concentrados amiláceos o fibrosos mejoran el balance energético, proteico y mineral de vacas en pastoreo otoñal.

El objetivo general del ensayo es evaluar el efecto de la suplementación otorgando concentrados con distinta fuente de carbohidratos, suministrados a vacas en pastoreo de otoño con dos diferentes disponibilidades de pradera, sobre la producción de leche y las concentraciones de metabolitos indicadores del balance energético, proteico y mineral.

Los objetivos específicos del ensayo son:

1. Evaluar y comparar el efecto de la suplementación con dos tipos de concentrados ofrecidos con dos distintas disponibilidades de pradera sobre las concentraciones de glucosa, -OH butirato, NEFA, urea, albúminas, Ca, P y Mg.
2. Evaluar y comparar el efecto de la suplementación con dos tipos de concentrados ofrecidos con dos distintas disponibilidades de pradera sobre las concentraciones de cuerpos cetónicos en leche.
3. Evaluar y comparar el efecto de la suplementación con dos tipos de concentrado ofrecidos con dos distintas disponibilidades de pradera sobre la producción láctea.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Ubicación del ensayo

El estudio se realizó en la estación experimental Vista Alegre, perteneciente a la UACH, ubicada a 9 kilómetros al norte de la ciudad de Valdivia, XIV región de Chile (39°48' LS y 73°13' LO) a una altura promedio de 12 metros sobre el nivel del mar.

4.1.2. Animales

Se utilizaron 28 vacas provenientes de los predios Vista Alegre y Santa Rosa de la UACH, raza Frisón Negro, seleccionadas por peso, condición corporal (CC), producción de leche, días postparto y número de partos.

4.1.3 Ambiente

Se utilizaron 17,5 hectáreas de pradera permanente mejorada, divididas en 18 potreros los que se encontraban como promedio a 600 m. de la sala de ordeña. El sitio del ensayo corresponde a un suelo de la serie Valdivia (Typic Hapludand) de topografía levemente ondulada y sin problemas de drenaje.

4.1.4 Dieta

Los alimentos utilizados durante el ensayo fueron los siguientes:

4.1.4.1 Ración base: pradera, compuesta principalmente de ballica (*Lolium sp.*), ofrecida con alta disponibilidad de pradera y el otro con baja disponibilidad (Cuadro 1).

4.1.4.2 Concentrados: dos tipos, amiláceo, compuesto principalmente de maíz y fibroso compuesto principalmente de coseta, ambos pelletizados y otorgados a cada grupo en la ordeña de la mañana y la tarde en dos raciones equivalentes (Cuadro 2).

4.1.4.3 Agua: se ofreció *ad libitum* en los potreros mediante bebederos portátiles.

Cuadro 1. Composición nutricional de la pradera expresada en base materia seca ($X \pm D.E.$) durante el periodo experimental.

Variable	$X \pm D.E.$ *
Materia Seca (%)	16,5 \pm 2,31
Cenizas Totales (%)	8,9 \pm 0,27
Proteína Bruta (%)	29,3 \pm 1,56
Extracto Etéreo (%)	3,9 \pm 0,11
Energía Metabolizable (Mcal/KgMS)	2,68 \pm 0,05
Fibra Detergente Neutro (%)	40,7 \pm 2,03
Fibra Detergente Acida (%)	23,9 \pm 1,40
Calcio (%)	0,4 \pm 0,02
Fósforo (%)	0,4 \pm 0,02
Magnesio (%)	0,2 \pm 0,00

**Valores representan al $X \pm D.E.$ de 8 muestras de pradera recolectadas con un lapso de 7 días y analizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal UACH.*

Cuadro 2. Composición nutricional de los concentrados amiláceo y fibroso, expresada en base materia seca ($X \pm D.E.$), usados durante el ensayo.

Variable	Fibroso *	Amiláceo *
Materia Seca (%)	86,1 \pm 0,52	86,1 \pm 0,22
Cenizas Totales (%)	5,9 \pm 0,06	3,4 \pm 0,03
Proteína Bruta (%)	15,6 \pm 0,12	14,6 \pm 0,43
Extracto Etéreo (%)	1,6 \pm 0,08	3,2 \pm 0,02
Fibra Cruda (%)	13,1 \pm 0,06	5,8 \pm 0,23
Energía Metabolizable (Mcal/KgMS)	3,26 \pm 0,03	3,16 \pm 0,03
Fibra Detergente Neutro (%)	32,4 \pm 0,03	18,5 \pm 0,46
Fibra Detergente Acida (%)	18,3 \pm 0,44	7,8 \pm 0,30
Calcio (%)	1,2 \pm 0,03	0,2 \pm 0,02
Fósforo (%)	0,2 \pm 0,00	0,3 \pm 0,01
Magnesio (%)	0,2 \pm 0,00	0,1 \pm 0,00

** Valores representan $X \pm D.E.$ de 3 muestras recolectadas durante el ensayo y analizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal de la UACH.*

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Duración del ensayo

El ensayo tuvo una duración de 60 días, el que fue dividido en una fase preexperimental de 4 días y una fase experimental de 56 días. Llevándose a cabo en el otoño del año 2008, entre el 15 de abril hasta el 15 de junio.

4.2.2 Identificación y agrupación de los animales

Los animales fueron identificados mediante el número de autocrotal individual y collares o lazos dependiendo de la asignación del tratamiento de cada animal. Los animales fueron agrupados en 4 grupos homogéneos de 7 vacas cada uno, combinando las características de peso vivo, condición corporal (CC), días postparto (PP), producción de leche y número ordinal de parto (NOP) como se indica en el cuadro 3.

Cuadro 3. Características de las vacas al inicio del ensayo en los cuatro tratamientos.

Característica	Tratamientos							
	AB n= 8		FB n=8		AA n=8		FA n=8	
Parámetro	X	D.E.	X	D.E.	X	D.E.	X	D.E.
Días PP	56,5	20,4	49,4	19,5	56,7	21,0	57,4	24,2
NOP*	3,14	1,86	4,14	2,41	4,00	2,30	3,85	1,77
Producción	23,3	2,44	23,3	2,51	22,8	5,66	23,1	3,88
Peso vivo	604	47,36	595	25,59	597	53,11	583	66,30
Puntaje CC**	2,57	0,34	2,57	0,18	2,42	0,44	2,42	0,34

* Número ordinal de parto ** Condición corporal (escala 1 -5)

4.2.3 Diseño experimental

Las vacas se asignaron a un diseño factorial de 2x2, con dos niveles de disponibilidad de pradera y dos tipos de concentrado, de 4 tratamientos con 7 animales cada uno.

Los grupos fueron asignados a los siguientes tratamientos:

AB: Tratamiento con baja disponibilidad de pradera y 5 kilos de concentrado amiláceo.

FB: Tratamiento con baja disponibilidad de pradera y 5 kilos de concentrado fibroso.

AA: Tratamiento con alta disponibilidad de pradera y 5 kilos de concentrado amiláceo.

FA: Tratamiento con alta disponibilidad de pradera y 5 kilos de concentrado fibroso.

Durante la fase preexperimental y experimental se entregaron 5 kilos de concentrado al día a todas las vacas, en dos raciones de 2,5 kilos durante la ordeña de la mañana y la tarde.

4.2.4 Manejo

Las vacas se mantuvieron en un mismo potrero, separadas en dos franjas de acuerdo a la disponibilidad de pradera asignada, delimitando la franja de pradera con cerco eléctrico con cambio dos veces al día, utilizando mediciones de la altura pre y post -pastoreo con “rising plate meter”. Se ofreció una disponibilidad de 25,5 kg/MS/vaca/día para el grupo con menor disponibilidad de pradera y 38,25 kg/MS/vaca/día para el grupo con mayor disponibilidad, dividiéndose la ración en dos franjas por tratamiento para el consumo diario.

4.2.5 Muestreo

A partir del cuarto día del inicio del periodo experimental, se recolectaron muestras de sangre y leche de todos los animales, efectuando 8 muestreos separados por lapsos de 7 días.

Las muestras de sangre fueron obtenidas mediante venopunción coccígea o yugular, las cuales fueron depositadas en tubos de ensayo sin aditivos para la obtención de suero sanguíneo, rotulados con el número de autocrotal de cada animal. Durante el mismo día fueron llevadas al laboratorio de Patología Clínica, donde fueron sumergidas en baño maría durante 1 hora a 37°C para luego ser centrifugadas a 2000 RPM durante 10 minutos, obteniéndose suero sanguíneo que fue alicuotado y congelado en microtubos de 1,5 ml para su posterior análisis.

También se recolectaron muestras de leche en tubos de 10 ml en la ordeña de la tarde en el mismo día del muestreo para determinar cuerpos cetónicos mediante la prueba de Rothera.

4.2.6 Análisis de muestras

Las muestras de suero fueron analizadas en el Laboratorio de Patología Clínica del Instituto de Ciencias Clínicas del Hospital Veterinario UACH, mientras que las muestras de leche fueron analizadas en el predio el día de su obtención.

Las determinaciones realizadas fueron las siguientes:

4.2.6.1 B-Hidroxibutirato (mmol/L): determinado en muestras de plasma mediante el método FAO-OIEA en un espectrofotómetro Hitachi 4020, (IAEA 1993). Además, se determinó presentación de cetosis subclínica en aquellas muestras con concentraciones plasmáticas de β -OH butirato mayores a 1,4 mmol/L (Geisshauser y col 2001).

4.2.6.2 NEFA sérico (mg/L): determinados en un auto analizador Metrolab 2300 mediante el método ACS-ACOD, empleando un kit comercial (Wacko NEFA -HR 2).

4.2.6.3 Glucosa plasmática (mmol/L): determinada en un auto analizador Metrolab 2300 mediante el método GOD-PAP, empleando un kit comercial (Human Glucose Liquicolor).

4.2.6.4 Urea (mmol/L): determinada en muestras de plasma en un auto analizador Metrolab 2300 mediante el método GLD UV cinético, empleando un kit comercial (Human Urea LiquiUV).

4.2.6.5 Albúmina plasmática (g/L): determinada en un auto analizador Metrolab 2300 mediante el método BCG, empleando un kit comercial (Human Albumin Liquicolor).

4.2.6.6 Cuerpos cetónicos: determinados en las muestras de leche mediante el test de Rothera donde una concentración menor a 10 mg/dl es considerado como una muestra negativa y positiva sobre este valor.

4.2.6.7 Calcio y Magnesio (mmol/L): determinados mediante espectrofotometría de absorción atómica (EAA) en un equipo Thermo Solaar a 422,7 y 285,3 nm respectivamente. El Mg fue determinado de las muestras de sangre recolectadas los días 4, 25 y 32 del ensayo.

4.2.6.8 Fósforo (mmol/L): determinado en un autoanalizador Metrolab 2300 mediante el método molibdato UV fotométrico a 340 nm (Human 10027). El P fue determinado de las muestras recolectadas los días 4, 25 y 32.

4.2.7 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva, usando media (\bar{x}), desviación estándar (D.E.) y error estándar (EE), normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk y homoscedasticidad usando la prueba de Bartlett's. Las diferencias entre tratamientos fueron determinadas usando ANDEVA y las pruebas de Tukey o Kruskal Wal lis, utilizando el programa estadístico Statistix 8.0 utilizando un nivel de significación de 95%.

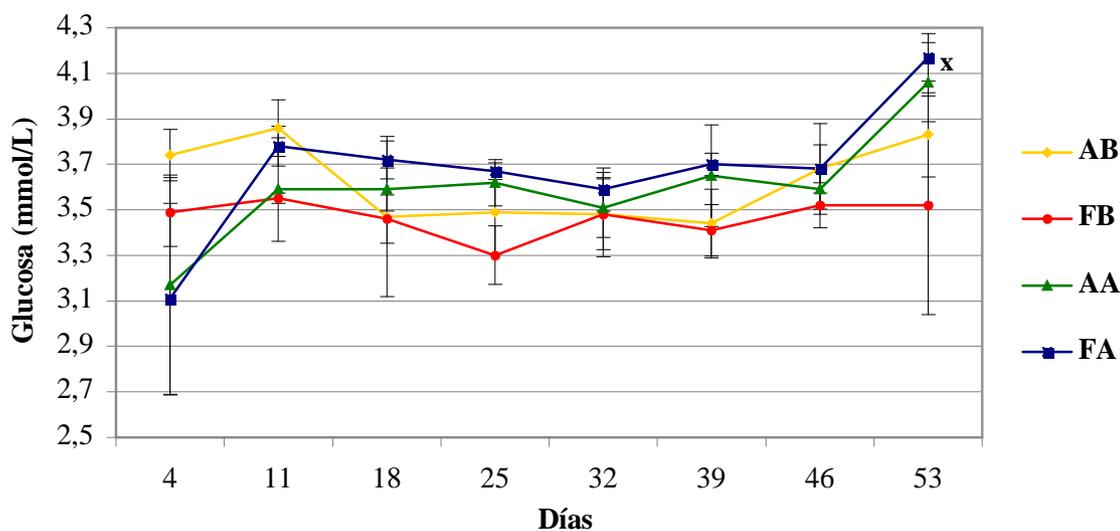
5. RESULTADOS

5.1 METABOLISMO ENERGÉTICO

5.1.1 Glucosa

Las concentraciones plasmáticas medias de glucosa de los cuatro tratamientos se mantuvieron dentro de los valores de referencia para la especie, los cuales son de 2,5 a 4,1 mmol/L (Cuadro 4).

Las concentraciones de glucosa plasmática fueron similares entre los grupos ($p > 0,05$) durante el ensayo (Cuadro 4). Tampoco se observó diferencias entre periodos de muestreo en los tratamientos, a excepción del grupo FA. Este grupo presentó variaciones a lo largo del estudio, iniciando con una concentración media de $3,10 \pm 1,11$ mmol/L, la menor de todos los tratamientos, incrementando el día 11 y manteniéndose hasta el último muestreo, donde terminó con concentraciones medias de $4,17 \pm 0,28$ mmol/L, la más elevada durante el periodo experimental en todos los tratamientos (Figura 1).



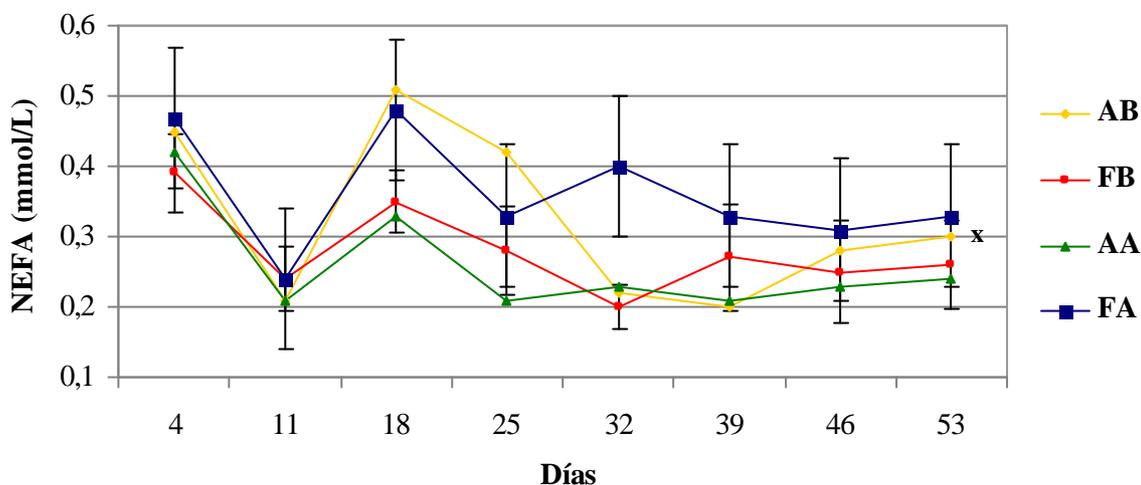
X= Diferencias durante el ensayo dentro del grupo FA $p < 0,05$

Figura 1. Variación de la concentración plasmática de glucosa ($x \pm EE$) en vacas a pastoreo con baja disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AB) y fibroso (FB) y pastoreo con alta disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AA) y fibroso (FA) durante un periodo experimental de 53 días.

5.1.2 NEFA

Las concentraciones plasmáticas medias de NEFA se mantuvieron dentro del rango de referencia (hasta 0,5 mmol/L) en todos los tratamientos durante todo el ensayo (Cuadro 4).

Las concentraciones de NEFA fueron superiores ($p < 0,05$) en el grupo FA ($0,36 \pm 0,21$ mmol/L) y menores en el grupo AA ($0,26 \pm 0,14$ mmol/L). Los tratamientos AB ($0,32 \pm 0,20$ mmol/L) y FB ($0,28 \pm 0,15$ mmol/L) presentaron concentraciones intermedias y similares a los otros tratamientos durante el periodo experimental ($p > 0,05$).



X= Diferencias durante el ensayo dentro del grupo AB $p < 0,05$

Figura 2. Variación de la concentración plasmática de NEFA ($x \pm EE$) en vacas a pastoreo con baja disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AB) y fibroso (FB) y pastoreo con alta disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AA) y fibroso (FA) durante un periodo experimental de 53 días.

5.1.3 -OH butirato

Las concentraciones plasmáticas medias de -OH butirato estuvieron sobre el rango de referencia (0,02 a 0,6 mmol/L) solo en el grupo FB (Cuadro 4). Las concentraciones en los grupos AB ($0,50 \pm 0,16$ mmol/L), AA ($0,55 \pm 0,36$ mmol/L) y FA ($0,57 \pm 0,35$ mmol/L) se mantuvieron dentro del rango de referencia durante el ensayo, siendo más elevadas en el grupo FB ($0,70 \pm 0,53$ mmol/L) y menor en el grupo AB ($p < 0,05$). El grupo AB comenzó con las menores concentraciones de -OH butirato y terminó el ensayo con las menores concentraciones, junto a los grupos AA y FA. Los tratamientos con alta disponibilidad de pradera, AA y FA no presentaron diferencias entre sí y tuvieron concentraciones similares a los otros tratamientos ($p > 0,05$).

Durante el ensayo se observaron variaciones en las concentraciones de β -OH butirato en los tratamientos con alta disponibilidad de pradera. Las concentraciones de β -OH butirato del grupo AA presentaron una tendencia a disminuir (Figura 3), iniciando con una media de $1,02 \pm 0,79$ mmol/L (el más alto de todos los tratamientos) y finalizando con $0,4 \pm 0,13$ mmol/L. De la misma manera, el grupo FA presentó una tendencia similar (Figura 3), iniciando con una media de $0,87 \pm 0,63$ mmol/L y terminando con $0,38 \pm 0,10$ mmol/L.

Durante el periodo experimental se presentaron 4 casos de cetosis subclínica, diagnosticados en base a las concentraciones plasmáticas de β -OH butirato y a la prueba de Rothera. De los 4 casos, 2 pertenecieron al grupo FB, 1 al grupo AA y 1 al grupo FA. En los 4 animales diagnosticados con cetosis subclínica (Anexo 2) (β -OH butirato $> 1,4$ mmol/l), 3 presentaron concentraciones plasmáticas de NEFA sobre el rango superior (hasta 0,5 mmol/l).

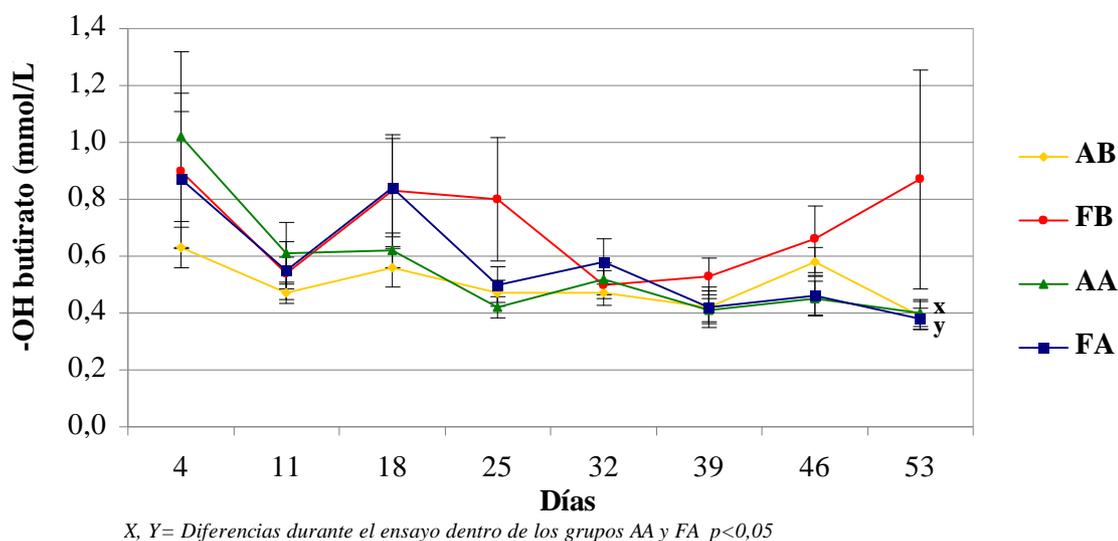


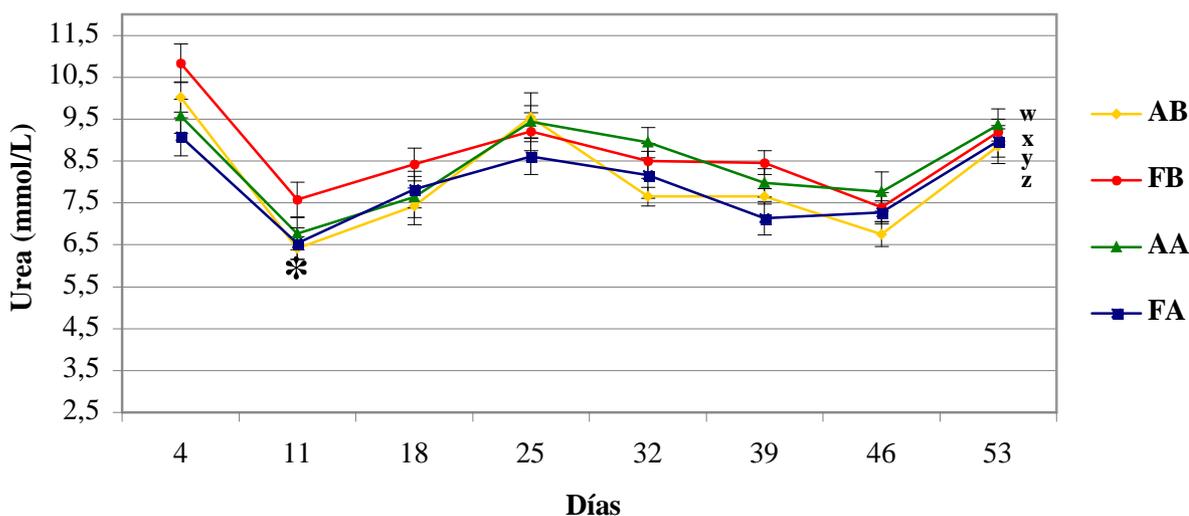
Figura 3. Variación de la concentración plasmática de β -OH butirato ($x \pm EE$) en vacas a pastoreo con baja disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AB) y fibroso (FB) y pastoreo con alta disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AA) y fibroso (FA) durante un periodo experimental de 53 días.

5.2 METABOLISMO PROTEICO

5.2.1 Urea

Las concentraciones plasmáticas medias de urea de todos los tratamientos estuvieron sobre el rango superior de referencia (2,6 a 7,0 mmol/L). Las concentraciones fueron mas elevadas ($p < 0,05$) en el grupo FB ($8,70 \pm 1,40$ mmol/L) y menores en los grupos AB ($8,05 \pm 1,52$ mmol/L) y FA ($7,95 \pm 1,36$ mmol/L), siendo los últimos similares entre si ($p > 0,05$). El tratamiento AA presento concentraciones de urea ($8,43 \pm 1,39$ mmol/L) similares e intermediarias ($p > 0,05$) a todos los tratamientos (Cuadro 4).

Durante el transcurso del ensayo, todos los tratami entos presentaron variaciones en las concentraciones plasmáticas de urea ($p < 0,05$). Sin embargo no se observó una tendencia clara. En el día 11 (Figura 4) hubo una disminución en las concentraciones de urea en las vacas de todos los tratamientos.



W, X, Y, Z= Diferencias durante el ensayo dentro de los grupos AB, FB, AA y FA $p < 0,05$

* Diferencias en todos los tratamientos durante el día 11 $p < 0,05$

Figura 4. Variación de la concentración plasmática de urea ($x \pm EE$) en vacas a pastoreo con baja disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AB) y fibroso (FB) y pastoreo con alta disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AA) y fibroso (FA) durante un periodo experimental de 53 días.

5.2.2 Albúmina

Las concentraciones plasmáticas medias de albúmina se mantuvieron dentro del rango de referencia (29 a 41 g/L) en todos los tratamientos durante el estudio (Cuadro 1), siendo más

elevadas ($p < 0,05$) en las vacas pertenecientes al grupo FA ($41,12 \pm 3,45$ g/L) en comparación a los grupos AB ($39,16 \pm 3,03$ g/L), FB ($39,62 \pm 2,08$ g/L) y AA ($39,51 \pm 3,29$ g/L), los cuales fueron similares todo el periodo ($p > 0,05$).

Durante los 53 días del periodo experimental, las concentraciones plasmáticas de albúmina se mantuvieron constantes en los tratamientos AB, FB y AA; sin embargo en el grupo FA aumentaron ($p < 0,05$), siendo inferior al inicio y superior al final de l estudio (Figura 5).

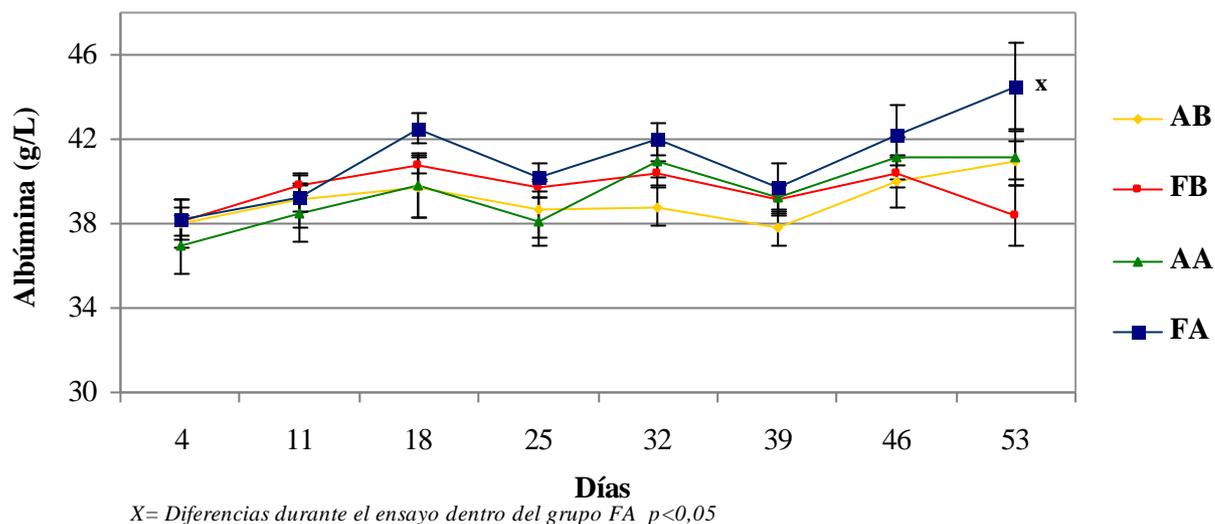
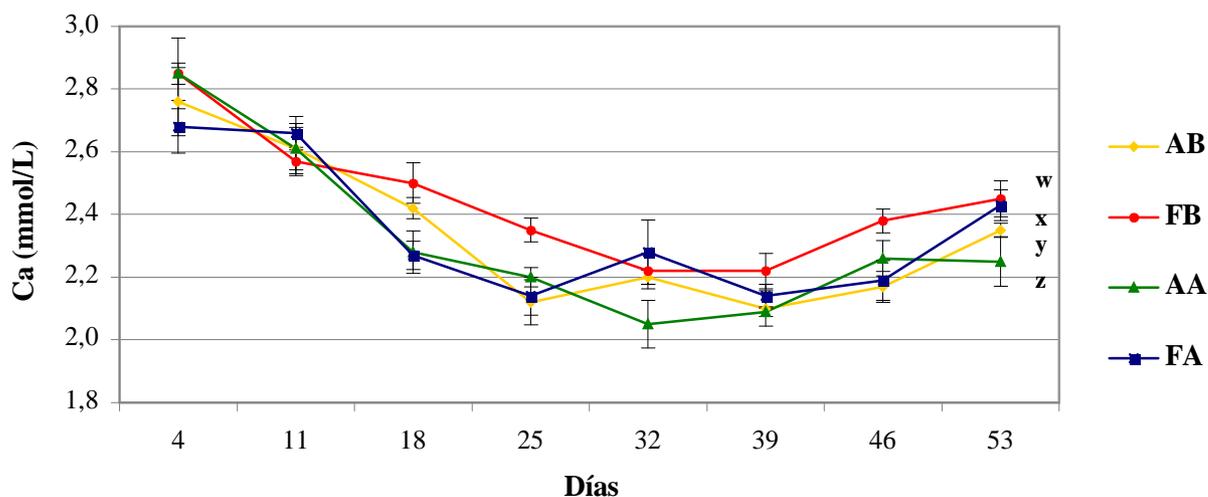


Figura 5. Variación de la concentración plasmática de albúmina ($x \pm EE$) en vacas a pastoreo con baja disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AB) y fibroso (FB) y pastoreo con alta disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AA) y fibroso (FA) durante un periodo experimental de 53 días.

5.3 METABOLISMO MINERAL

Las concentraciones plasmáticas medias de Ca se mantuvieron dentro del rango de referencia (2,0 a 2,6 mmol/L) en todos los tratamientos durante el ensayo, siendo mas elevadas ($p < 0,05$) en el grupo FB ($2,44 \pm 0,25$ mmol/L) en comparación con los otros tratamientos, los cuales fueron similares entre si ($p > 0,05$).



W, X, Y, Z= Diferencias durante el ensayo dentro de los grupos AB, FB, AA y FA $p < 0,05$

Figura 6. Variación de la concentración plasmática de Ca ($x \pm EE$) en vacas a pastoreo con baja disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AB) y fibroso (FB) y pastoreo con alta disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AA) y fibroso (FA) durante un periodo experimental de 53 días.

Las concentraciones plasmáticas medias de P y Mg se mantuvieron dentro de los valores de referencia en todos los tratamientos durante el ensayo. Las concentraciones plasmáticas de P fueron más elevadas ($p < 0,05$) en los grupos con concentrado amiláceo, AB ($1,68 \pm 0,39$ mmol/L) y AA ($1,71 \pm 0,43$ mmol/L) y menores ($p < 0,05$) en los grupos FB ($1,48 \pm 0,42$ mmol/L) y FA ($1,35 \pm 0,26$ mmol/L).

Las concentraciones plasmáticas de Mg fueron constantes durante el ensayo, siendo superiores ($p < 0,05$) en el grupo FA ($0,85 \pm 0,13$ mmol/L) y menores ($p < 0,05$) en el grupo FB ($0,71 \pm 0,15$ mmol/L). Los tratamientos AB ($0,73 \pm 0,18$ mmol/L) y AA ($0,81 \pm 0,13$ mmol/L) presentaron concentraciones similares e intermedias ($p > 0,05$) con el resto de los grupos.

5.4 PRODUCCIÓN

5.4.1 Producción láctea

La producción de leche durante el periodo experimental fue mayor en los tratamientos con alta disponibilidad de pradera, AA ($24,62 \pm 1,16$ L/día) y FA ($24,72 \pm 1,11$ L/día), en comparación con los tratamientos de baja disponibilidad, AB ($22,41 \pm 1,06$ L/día) y FB ($21,69$

$\pm 1,12$ L/día) ($p < 0,05$). Sin embargo, el tipo de concentrado no influyó la producción láctea en los tratamientos con baja o alta disponibilidad de pradera ($p > 0,05$). En todos los tratamientos, la producción de leche se mantuvo constante a lo largo del ensayo.

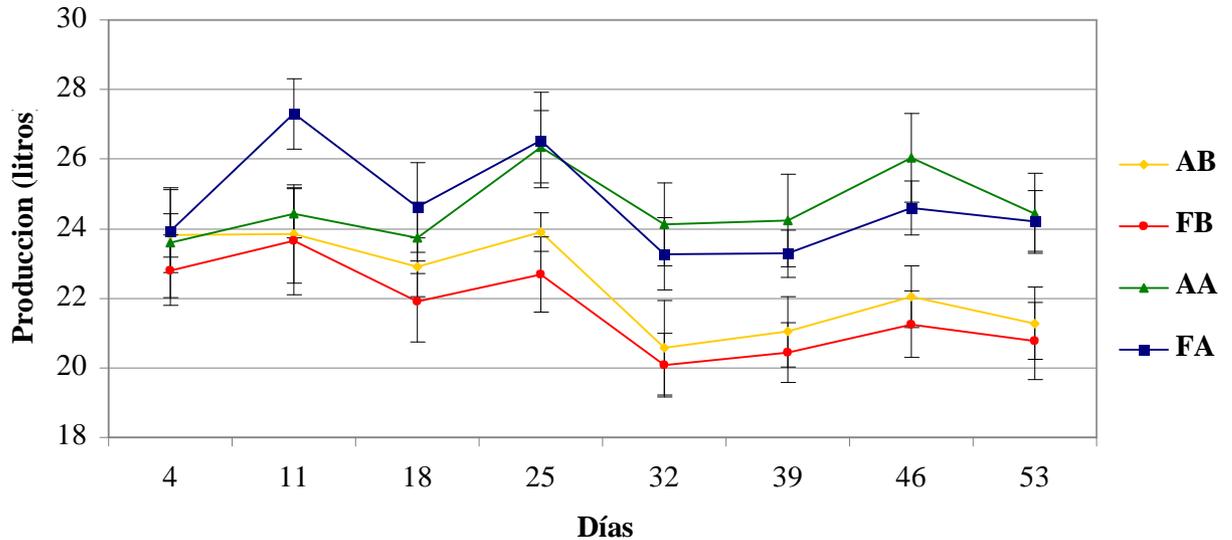


Figura 7. Variación en la producción de leche ($x \pm EE$) en vacas a pastoreo con baja disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AB) y fibroso (FB) y pastoreo con alta disponibilidad de pradera suplementadas con concentrado amiláceo (AA) y fibroso (FA) durante un periodo experimental de 53 días.

Cuadro 4. Media* (\pm EE) de las concentraciones plasmáticas de albúmina, urea, -OH butirato, glucosa, NEFA, calcio, fósforo, magnesio y producción de leche en vacas suplementadas con concentrado amiláceo (A) o fibroso (F) con baja (TB) o alta (TA) disponibilidad de pradera en pastoreo otoñal.

Variable	Unidad	AB	FB	AA	FA	P
		n=7*	n=7*	n=7*	n=7*	
Albúmina	g/L	39,16 \pm 1,13 ^b	39,62 \pm 0,75 ^b	39,51 \pm 1,20 ^b	41,12 \pm 1,28 ^a	0,0394
Urea	mmol/L	8,05 \pm 0,57 ^b	8,70 \pm 0,52 ^a	8,43 \pm 0,52 ^{ab}	7,95 \pm 0,51 ^b	0,0006
-OH butirato	mmol/L	0,50 \pm 0,06 ^b	0,70 \pm 0,20 ^a	0,55 \pm 0,13 ^{ab}	0,57 \pm 0,13 ^{ab}	0,1222
Glucosa	mmol/L	3,62 \pm 0,19	3,48 \pm 0,19	3,60 \pm 0,22	3,68 \pm 0,18	0,2359
NEFA	mmol/L	0,32 \pm 0,07 ^{ab}	0,28 \pm 0,05 ^{ab}	0,26 \pm 0,05 ^b	0,36 \pm 0,07 ^a	0,0313
Ca	mmol/L	2,34 \pm 0,10 ^b	2,44 \pm 0,09 ^a	2,29 \pm 0,09 ^b	2,35 \pm 0,09 ^b	0,0001
P	mmol/L	1,68 \pm 0,14 ^a	1,48 \pm 0,15 ^b	1,71 \pm 0,16 ^a	1,48 \pm 0,14 ^b	0,0164
Mg	mmol/L	0,73 \pm 0,06 ^{ab}	0,71 \pm 0,05 ^b	0,81 \pm 0,04 ^{ab}	0,85 \pm 0,04 ^a	0,0156
Producción	Litros	22,41 \pm 1,06 ^b	21,69 \pm 1,12 ^b	24,62 \pm 1,16 ^a	24,72 \pm 1,11 ^a	0,0000

*valores corresponden a la media (\pm EE) de 8 muestreos de cada animal (=7x8).
Letras distintas en una fila señalan diferencias entre grupos ($p < 0,05$)

6. DISCUSIÓN

6.1. BALANCE ENERGÉTICO

El uso de concentrado amiláceo o fibroso, en animales con diferente disponibilidad de pradera no origina diferencias entre grupos, en las concentraciones plasmáticas de glucosa durante el periodo experimental (Cuadro 4). Esto refleja el fuerte control hormonal que regula la glucemia en rumiantes (Kaneko 1997). Sin embargo, el grupo FA presentó un aumento en las concentraciones de glucosa a lo largo del ensayo (Figura 1), desde la menor a la mayor concentración entre los tratamientos, lo que sugiere una mayor cantidad de precursores de glucosa disponibles de origen exógeno (mayor aporte de aminoácidos de la dieta), lo que sugiere mayor neoglucogénesis por una mejora en el balance proteico (Figura 5).

En los rumiantes, las concentraciones plasmáticas de glucosa se regulan principalmente por la acción de dos hormonas, insulina y glucagón. La insulina aumenta el uso de glucosa al incrementar las reacciones enzimáticas en el hepatocito; además aumenta el transporte de glucosa hacia las células musculares y adiposas. El glucagón ejerce un efecto hiperglucemiante, estimulando la glucólisis y gluconeogénesis (Kaneko 1997). El propionato es el mayor sustrato para la gluconeogénesis en los rumiantes, estando regulada por la ingesta energética y disponibilidad de propionato. La capacidad gluconeogénica hepática es regulada por hormonas, como la insulina y glucagón; por lo tanto la oxidación de propionato disminuye a medida que la demanda de glucosa disminuye (Oba y Allen 2003a). Frente al aumento en las concentraciones de precursores neoglucogénicos, el hígado disminuye la producción de glucosa, glucógenolisis y aumenta la gluconeogénesis (Kaneko 1997).

La producción de AGV es influenciada por las características del concentrado. Los concentrados amiláceos se caracterizan por fermentar rápidamente y producir una mayor cantidad de propionato en el rumen (Webster 1993). Los concentrados fibrosos tienen una producción de propionato menor, incrementando la relación ácido acético: propiónico (Piatkowski 1982).

Las concentraciones de NEFA se mantuvieron dentro del rango en todos los grupos (Cuadro 4), indicando un adecuado equilibrio en la movilización de grasa corporal. La mayor concentración de NEFA en el grupo FA (Cuadro 4) indica una mayor movilización desde el tejido adiposo, respondiendo a mayores requerimientos energéticos por la mayor producción de leche (Cuadro 4). La menor producción de propionato derivada del uso del concentrado fibroso disminuiría la producción de glucosa hepática (Pulido y col 2007). Esto llevaría a

menores concentraciones plasmáticas de insulina, estimulando la actividad de la hormona lipasa sobre los triglicéridos almacenados en el tejido adiposo, movilizand o NEFA y glicerol (Contreras 1998). Las mayores concentraciones de NEFA originan mayores concentraciones de acetil-CoA en el hígado, el cual ingresa al ciclo de Krebs para oxidación (Kaneko 1997, Oba y Allen 2003b).

Las menores concentraciones plasmáticas de NEFA en el grupo AA e intermediarias en los tratamientos AB, FB (Cuadro 4) parecen sugerir que en estos tratamientos la movilización de NEFA desde el adiposo fue menor. La causa de estas menores concentraciones no es clara, sin embargo podrían deberse al descenso en las concentraciones de NEFA durante el transcurso de la lactancia (Neumann y col 2007), asociadas con la disminución de la producción láctea y/o aumento del consumo voluntario.

La mayor concentración plasmática de β -OH butirato (Cuadro 4) y la mayor cantidad de animales con cetosis subclínica indican un estado de balance energético negativo (Wittwer 2000) en los animales pertenecientes al tratamiento FB. La menor disponibilidad de pradera y las características del concentrado fibroso, el cual produce menor cantidad de propionato en el rumen (Piatkowski 1982), harían que el acetil-CoA originado de la β -oxidación hepática no ingrese al ciclo de Krebs por deficiencia de oxalacetato, siendo derivado a la producción de cuerpos cetónicos (Bruss 1997). Además, las mayores concentraciones de urea en el tratamiento FB (Cuadro 4) sugieren asincronía ruminal de la degradación proteínica: energía y mayor gasto energético en el proceso de detoxificación hepática (Piatkowski 1982), incrementando la deficiencia de energía.

De manera inversa, las menores concentraciones de β -OH butirato del grupo AB (Cuadro 4) sugieren una mayor producción de propionato del concentrado amiláceo, originando una mayor cantidad de oxalacetato disponible para que el acetil-CoA ingrese al ciclo de Krebs (Bruss 1997). El aumento de la relación propiónico: butírico en el rumen disminuye la producción y absorción de butirato, disminuyendo la producción de cuerpos cetónicos (Bargo y col 2003). El ácido propiónico disminuye la cetogénesis al inhibir la carnitina, enzima necesaria para el ingreso de NEFA hacia la mitocondria donde es oxidado a cetonas (Bruss 1997). También, las menores concentraciones plasmáticas de urea en este grupo (Cuadro 4) indican un mejor sincronismo ruminal de la degradación proteínica: energía.

En los grupos con alta disponibilidad de pradera, el efecto del tipo de carbohidrato en el concentrado no es muy claro; sin embargo las concentraciones intermediarias y similares de β -OH butirato (Cuadro 4) se deben a los mayores requerimientos energéticos por la mayor producción de leche de ambos tratamientos. Sin embargo, la disminución de las concentraciones de β -OH butirato en ambos tratamientos durante el ensayo (Figura 3) indica el

efecto positivo de la suplementación y mayor disponibilidad de pradera en combinación con la disminución gradual de la producción de leche y el aumento del consumo voluntario en relación a la etapa de lactancia de las vacas, cercana a los 120 días postparto.

6.2. BALANCE PROTEICO

Las concentraciones plasmáticas de urea fueron superiores al rango superior de referencia en todos los tratamientos (Cuadro 4). Las mayores concentraciones de urea en el grupo FB (Cuadro 4) indican asincronía ruminal en la liberación de energía y proteína. Esto puede ser explicado por el alto contenido de PB de la pradera ($29,3 \pm 1,56$ %) (Cuadro 1) y el mayor contenido de PB del concentrado fibroso (Cuadro 2).

En el grupo FB, el menor aporte de energía desde la pradera, la menor producción de energía en el rumen y la fermentación más lenta del concentrado fibroso ocasionarían que una mayor proporción del amonio producido no sea convertida en proteína por los microorganismos ruminales, por menor disponibilidad de energía en el rumen, por lo que es absorbido a través de la pared ruminal y transformado en urea en el hígado (Wittwer 2000). La menor producción de propionato se relaciona a su vez con la mayor concentración de -OH butirato en este tratamiento (Cuadro 4).

Las menores concentraciones plasmáticas de urea en el grupo AB (Cuadro 4) indican una mejor sincronía ruminal, producto de la rápida fermentación y liberación de energía del concentrado amiláceo (Khalili y Sairanen 2000). La rápida fermentación del concentrado amiláceo haría que la liberación de energía fuese sincrónica a la producción de amonio en el rumen, favoreciendo la incorporación de amonio por los microorganismos ruminales, disminuyendo la absorción de amonio y la ureagénesis (Canfield y col 1990). Además, el concentrado amiláceo incrementa la incorporación de péptidos y aminoácidos preformados por parte de las bacterias amilolíticas, disminuyendo la producción y absorción de amonio (Russel y col 1992).

Paradójicamente, las concentraciones de urea del grupo FA fueron similares al grupo AB (Cuadro 4), lo que podría ser explicado por la mayor disponibilidad, aporte de proteína bruta y energía desde la pradera. La mayor disponibilidad de pradera incrementaría la ingesta de PB desde la pradera y la producción de amonio en el rumen, de forma más constante durante el día, a diferencia de los tratamientos con baja disponibilidad de pradera. La fermentación más lenta del concentrado fibroso sugiere una disponibilidad de energía constante durante el día, la cual incrementaría la captación de amonio por los microorganismos en el rumen, disminuyendo la producción de urea e incrementando la producción de proteína microbiana. Lo anterior, en relación a la mayor concentración

plasmática de albúminas en el tratamiento FA (Cuadro 4). Así, en condiciones de alta disponibilidad de pradera, el concentrado fibroso actuaría como una fuente de energía constante, liberando energía de forma más lenta que el concentrado amiláceo.

Continuando con el razonamiento anterior, las concentraciones intermediarias del grupo AA (Cuadro 4) podrían deberse a la rápida fermentación del concentrado amiláceo, que en conjunto con la mayor disponibilidad y aporte de PB desde la pradera, generaría cantidades de amonio que no serían incorporadas por las bacterias ruminales, siendo absorbidas y transformadas en urea. De esta manera, en condiciones de alta disponibilidad de pradera, la rápida fermentación del concentrado amiláceo, en relación al mayor aporte de proteína desde la pradera a lo largo del día, limitaría la sincronía en el rumen.

Todos los tratamientos presentaron variaciones en las concentraciones de urea a lo largo del muestreo, aunque no siguieron una tendencia clara; las oscilaciones (Figura 4) tendrían origen en la diferente cantidad de proteína bruta y energía metabolizable (EM) de los potreros pastoreados (Anexo 1, 3 y 4). Sin embargo se puede apreciar el descenso de las concentraciones plasmáticas de urea en todos los tratamientos el día 11 del ensayo (Figura 4). Este descenso podría ser explicado por la mayor cantidad de EM de la pradera en el segundo muestreo (Anexo 1, 4), en comparación al primero (2,39 a 2,66 Mcal/kg EM), lo que disminuiría la producción de urea.

Durante el ensayo, las mayores concentraciones de albúmina en el grupo FA (Cuadro 4) en comparación a los otros tratamientos, tendrían origen en el mayor aporte de PB de la pradera y del concentrado. La mayor disponibilidad de pradera en las vacas del tratamiento FA aporta una mayor cantidad de aminoácidos para la síntesis de albúminas. Las mayores concentraciones plasmáticas de albúmina también sugieren una mayor síntesis de proteína microbiana usando concentrado fibroso, en relación a las menores concentraciones de urea plasmática de este tratamiento y una mayor absorción de proteína microbiana o proteína “by - pass” (NRC 2001). Al inicio del ensayo las concentraciones plasmáticas de albúmina fueron similares para todos los tratamientos, aumentando las concentraciones del grupo FA (Figura 5) durante el ensayo. Esto refleja el efecto del concentrado y la mayor disponibilidad de pradera sobre el balance proteico.

Las concentraciones de albúmina están relacionadas con el aporte de proteína de la ración y la capacidad hepática de sintetizarlas. Al inicio de la lactancia las concentraciones en plasma son menores para aumentar paulatinamente si la dieta cumple con los requerimientos proteicos (Contreras 2000). Sin embargo debe tenerse en cuenta que la vida media de la albúmina plasmática es de 15 a 18 días, por lo que variaciones debido a planes nutricionales deficientes se manifiestan solo en el largo plazo.

6.3. BALANCE MINERAL

Las concentraciones de Ca, P y Mg se mantuvieron dentro de los rangos de referencia en todos los tratamientos (Cuadro 4), indicando una adecuada respuesta metabólica en relación al aporte de minerales de la dieta. Además, la etapa en la lactancia de los animales del ensayo coincide con el inicio de la disminución en los requerimientos de Ca (70 días) y la mejora en el balance diario de calcio (Horst 1986).

Las menores concentraciones de Ca en los tratamientos con concentrado amiláceo, AB y AA (Cuadro 4) podrían explicarse por el mayor aporte de P de la pradera y del concentrado (Cuadro 2). En estos grupos, la relación Ca: P de la dieta es más estrecha y por ende, la cantidad de P que se absorbe desde el rumen e intestino delgado es mayor; en rumiantes la cantidad de P absorbida está en directa relación con la cantidad de P en la dieta (Horst 1986). El incremento en las concentraciones plasmáticas de P origina una disminución en las concentraciones de Ca, debido a la menor síntesis de 1,25-hidroxivitamina D, el metabolito activo de la vitamina D₃, en el riñón (Rosol y Capen 1997). En los tratamientos con concentrado fibroso, las mayores concentraciones de Ca en el grupo FB en relación al grupo FA (Cuadro 4) podría ser explicado principalmente por la mayor producción de leche de este último (Cuadro 4).

En los tratamientos FB y FA, las menores concentraciones plasmáticas de P se deben a la menor cantidad de P en el concentrado fibroso (Cuadro 2). También, la mayor cantidad de fibra en la dieta actuaría disminuyendo las concentraciones de P (Rosol y Capen 1997). Una dieta con mayor cantidad de fibra incrementa la rumia y salivación, aumentando la secreción salival de P; el aumento en la concentración de P salival incrementa también la cantidad de P absorbido junto con el P de la dieta, pero se incurre en una pérdida neta a través de las heces (Rosol y Capen 1997). Las mayores concentraciones de P en plasma (Cuadro 4) en los tratamientos amiláceos, AB y AA, indican un mayor aporte de P usando este tipo de concentrado (Cuadro 2).

El metabolismo del Mg no presenta un pool de reserva que pueda movilizarse en necesidad a mayores requerimientos, por lo tanto la homeostasis del Mg depende de la ingesta en la dieta y la cantidad que es excretado. A su vez, múltiples factores influyen en la absorción de Mg, limitando o aumentando su disponibilidad (Rosol y Capen 1997).

La mayor concentración de Mg en el grupo FA (Cuadro 4) refleja el efecto del mayor aporte de Mg desde la pradera (Cuadro 2), en adición del mayor contenido del concentrado fibroso. Las concentraciones intermedias y similares de los grupos AB y AA (Cuadro 4) se deben al menor aporte de Mg y al mayor contenido de P del concentrado amiláceo (Cuadro 2).

Las dietas altas en P inhiben la absorción intestinal de Mg (Rosol y Capen 1997) al formar complejos insolubles con el P (Contreras 2002).

En el tratamiento FB, la menor concentración de Mg (Cuadro 4) podría relacionarse al metabolismo energético y proteico. Las mayores concentraciones de β -OH butirato en este tratamiento (Cuadro 4) indicarían un mayor balance energético negativo. En animales que cursan con deficiencia de energía, la movilización de reservas adiposas es un proceso dependiente de Mg (Contreras 2002), ocasionado la disminución de las concentraciones plasmáticas de Mg (González 2000).

6.4. PRODUCCIÓN

La mayor disponibilidad de pradera demostró ser el factor más importante en la producción de leche, como lo demuestra la mayor producción en los tratamientos AA y FA. El distinto tipo de carbohidrato en el concentrado no influyó en la producción de leche en los tratamientos con alta o baja disponibilidad de pradera. Los grupos AB y FB presentaron menor producción de leche, por menor disponibilidad de pradera y probablemente por menor consumo de MS, pero con producciones similares entre sí. Se ha demostrado que la suplementación en vacas a pastoreo con cantidades moderadas de concentrado (<6 kg/día), el efecto del tipo de carbohidrato no influye en la producción de leche (Peyraud y Delaby 2001).

Pulido y Leaver (2001) reportaron que vacas con mayor producción tenían un mayor tiempo de pastoreo, ingesta de MS y bocados por día que vacas con menor producción. Por lo tanto, el mayor consumo de MS y energía, la cual es la principal limitante en la producción de leche (Kolver y Muller 1998, Pulido y col 2007) aumentaron la producción en los tratamientos AA y FA.

La suplementación permite cubrir déficit de materia seca, energía (Peyraud y Delaby 2001) y mejorar el aprovechamiento del nitrógeno de la pradera por los microorganismos ruminales. Aumenta la producción individual, la productividad por hectárea y la carga animal, mejora la utilización de la pradera y mantiene el peso y condición corporal de los animales. También aumenta el tiempo de lactancia y el contenido de proteína en la leche, en el caso de suplementación energética (Kellaway y Porta 1993). La respuesta productiva a la suplementación en animales en pastoreo depende de la disponibilidad y composición de la pradera, la calidad y cantidad del suplemento, la fuente de carbohidratos del concentrado, la producción individual, los días en lactancia y el potencial productivo del animal (Bargo y col 2003).

6.5. DISCUSIÓN FINAL

La suplementación de vacas lecheras durante la lactancia y la mayor disponibilidad de pradera contribuyen a mejorar la producción de leche y el balance metabólico energético, proteico y mineral.

La suplementación con 5 kilos de concentrado amiláceo a vacas con baja disponibilidad de pradera disminuyó sus concentraciones plasmáticas de β -OH butirato y urea. La mayor producción de propionato en el rumen en conjunto con una mayor gluconeogénesis, indicaría la mejora del balance energético en los animales suplementados con concentrado amiláceo; Vargas y col. (2006) obtuvieron resultados similares en animales suplementados con concentrados amiláceos, fibrosos o solo pastoreo, utilizando sin embargo una disponibilidad de pradera similar para todos los tratamientos.

De manera inversa, los resultados permiten concluir que la suplementación con 5 kilos de concentrado fibroso es la dieta menos adecuada en condiciones de baja disponibilidad de pradera, desde el punto de vista metabólico y sanitario, debido a la mayor concentración de β -OH butirato, urea y mayor cantidad de casos con cetosis subclínica.

El mayor consumo de MS y aporte de nutrientes fueron responsables de la mayor producción de leche en los tratamientos con alta disponibilidad de pradera. La suplementación con concentrado fibroso demostró ser la más adecuada a estas condiciones, debido a las menores concentraciones plasmáticas de urea, intermediarias de β -OH butirato y mayores de albúmina, además de presentar un aumento en las concentraciones de glucosa a lo largo del estudio. La fermentación más lenta del concentrado fibroso y la mejor sincronía con la proteína de la pradera a lo largo del día han sido propuestos como hipótesis en este ensayo para explicar el efecto positivo de la suplementación con concentrado fibroso en condiciones de alta disponibilidad de pradera. Sin embargo, se requiere mayor investigación del efecto del concentrado fibroso en la fermentación ruminal y el efecto sobre metabolitos sanguíneos en pastoreo con distintas disponibilidades de pradera.

El efecto del tipo de concentrado sobre el balance mineral no parece determinante. La utilización de concentrado fibroso en condiciones de baja disponibilidad de pradera parece aumentar las concentraciones plasmáticas de Ca. El mayor contenido de P del concentrado amiláceo posiblemente ejerce un efecto negativo sobre absorción de Ca y Mg en los tratamientos AB y AA, además de aumentar las concentraciones plasmáticas de P. La mayor concentración de Mg en el grupo FA refleja el mayor aporte desde la pradera de este mineral, mientras que la menor concentración del grupo FB está influenciada por el estado de balance energético negativo y la movilización grasa asociada.

6.6. CONCLUSIONES

En base a los resultados del ensayo, podemos concluir que:

- La suplementación con concentrado amiláceo en vacas pastoreando con baja disponibilidad de pradera mejora el balance energético y proteico.
- La suplementación con concentrado fibroso con alta disponibilidad de pradera mejora el balance proteico.
- La mayor disponibilidad de pradera demostró ser el factor más importante en la producción de leche de los animales, independiente del tipo de carbohidrato en el suplemento concentrado.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera P. 2003. Efecto de la suplementación con dos tipos de carbohidratos en el concentrado sobre la respuesta productiva en vacas lecheras en pastoreo primaveral. Memoria de titulación, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Anrique R. 2008. Metabolismo ruminal de los hidratos de carbono. *Resúmenes del Curso Rumen: Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa*, Valdivia, Chile, Pp 25-36.
- Bargo F, LD Muller, ES Kolver, JE Delahoy. 2003. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J Dairy Sci* 86, 1-42.
- Blauwiel R, P Huhtanen, I Saastamoinen. 1992. Effect of fishmeal or barley protein and VFA infusions on milk yield and composition and blood metabolites. *J Dairy Sci* 75, 199.
- Blum JW, RM Bruckmaier, PY Vacher, A Mnger, F Jans. 2000. Twenty four hours patterns of hormones and metabolites in week 9 and 19 of lactation in high yielding dairy cows fed triglycerides and free fatty acids. *J Vet Med* 47, 43-60.
- Bobe G, JW Young, DC Beitz. 2004. Invited Re view: Pathology, Etiology, Prevention and Treatment of Fatty liver in dairy cows. *J Dairy Sci* 87, 3105-3124.
- Brickner AE, RR Rastani, RR Grummer. 2007. Technical note: Effect of sampling protocol on plasma nonesterified fatty acid concentration in dairy c ows. *J Dairy Sci* 90, 2219-2222.
- Bruss M. 1997. Lipids and ketones. En: Kaneko J, J Harvey, M Bruss (eds). *Clinical biochemistry of domestic animals*. Academy Press, San Diego, Pp 83-110.
- Cadorniga-Valiño C, RR Grummer, LE Armentano, SS Donkin, SJ Bertics. 1997. Effects of fatty acids an hormones on fatty acid metabolism and gluconeogenesis in bovine hepatocytes. *J Dairy Sci* 80, 646-656.
- Canfield RW, CJ Sniffen, WR Buttler. 1990. Effect of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. *J Dairy Sci* 73, 2342-2349.
- Canseco C, A Abarzúa, J Parga, N Teuber, O Balocchi, J Lopetegui, V Anwandter, R Demanet. 2007. Calidad nutritiva de las praderas. En: Teuber N, Balocchi O, J Parga (eds). *Manejo del Pastoreo*. FIA, Pp 51-67.

- Carrier J, S Stewart, S Godden, J Fetrow, P Rapnicki. 2004. Evaluation and use of three cow-side test for detection of subclinical ketosis in early postpartum cows. *J Dairy Sci* 87, 3725-3735.
- Clark DA, VR Kanneganti. 1998. Grazing management systems for dairy cattle. En: Cherney JH, Cherney DJR. (eds). *Grass for dairy cattle*. CAB International, Pp. 331.
- Clark P, L Armentano. 1997. Influence on particle size on the effectiveness of beet pulp fiber. *J Dairy Sci* 80, 898-904.
- Contreras PA. 1998. Síndrome de movilización grasa en vacas lecheras al inicio de la lactancia y sus efectos en salud y producción de los rebaños. *Arch Med Vet* 30, 17-27.
- Contreras PA. 2000. Indicadores del metabolismo proteico utilizados en perfiles metabólicos de rebaños. En: González F, J Barcellos, H Ospina, L Ribiero (eds). *Perfil Metabólico em ruminantes*. Pp 23-30. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.
- Contreras PA. 2002. Hipomagnesemia: efectos y procedimientos de prevención en los rebaños. *Libro de ponencias del Congreso de la Sociedad Española de Medicina Interna Veterinaria*, León, España, Pp 20-29.
- Dado RG, DR Mertens, GE Shook. 1993. Metabolizable energy and absorbed protein requirements for milk component production. *J Dairy Sci* 76, 1575-1588.
- Daetz R. 2004. Respuesta productiva de vacas en pastoreo primaveral, suplementadas con concentrados con distintas fuentes de carbohidratos. *Memoria de titulación*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Dixon RM, CR Stockdale. 1999. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. *Aust J Agric Res* 50, 757-773.
- Drackley JK. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *J Dairy Sci* 82, 2259-2273.
- Duffield T. 2004. Monitoring strategies for metabolic disease in transition dairy cows. *23rd World Buiatrics Congress*, Quebec, Canada.
- Eicher R, A Liesegang, E Bouchard, A Tremblay. 1998. Influence of concentrate feeding frequency and intrinsic factors on diurnal variations of blood metabolites in dairy cows. *Bovine Proc* 31, 198-202.
- Galvis R, H Cardona. 2002. Interacciones entre el metabolismo y la reproducción: ¿es la actividad glucogénica el eslabón perdido? *Rev Col Cienc* 15, 36-50.

- Geishauser T, K Leslie, D Kelton, T Duffield. 2001. Monitoring for subclinical ketosis in dairy herds. *Comp Food Anim* 23, S65-S71.
- Godden SM, KD Lissemore, DF Kelton, KE Leslie, JS Walton, JH Lumsden. 2001. Factors associated with milk urea concentrations in Ontario dairy cows. *J Dairy Sci* 84, 107-114.
- Goff JP, RL Horst. 1997. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J Dairy Sci* 80, 1260-1268.
- Goff J. 2006. Mineral disorders on transition period: origin and control. *XXIV World Buiatrics Congress*, Niza, France.
- González F. 2000. Uso del perfil metabólico para determinar el estado nutricional en ganado de carne. En: González F, J Barcellos, H Ospina, L Ribiero (eds). *Perfil Metabolico em ruminantes*. Pp 63-74. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.
- González F. 2000. Indicadores sanguíneos del metabolismo mineral en rumiantes. En: González F, J Barcellos, H Ospina, L Ribiero (eds). *Perfil Metabolico em ruminantes*. Pp 31-51. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.
- Grummer RR. 1993. Etiology of lipid related metabolic disorders on periparturient dairy cows. *J Dairy Sci* 76, 38-82..
- Grummer RR. 1995. Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J Anim Sci* 73, 2820-2833.
- Herdt TH. 1988. Fatty liver in dairy cows. *Vet Clin North Am: Food Anim Pract* 4, 269-287.
- Herdt TH. 2000. Ruminant adaptation to negative energy balance. Influences on the etiology of ketosis and fatty liver. *Vet Clin North Am: Food Anim Pract* 16, 215-230.
- Horst R. 1986. Regulation of calcium and phosphorus homeostasis in the dairy cow. *J Dairy Sci* 69, 604-616.
- Hristov AN, JK Ropp, KL Grandeen, S Abedi, RP Etter, A Melgar, AE Foley. 2005. Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows. *J Anim Sci* 83, 408-421.
- Huhtanen P, H Mietinnen, M Ylinen. 1993. Effect of increasing ruminal butyrate on milk yield and blood constituents in dairy cows fed a grass silage based diet. *J Dairy Sci* 76, 1114 - 1124.

- Jorritsma R, ML Cesar, JT Hermans, CL Kruitwagen, PL Vos, TA Kruip. 2004. Effect of non esterified fatty acids on bovine granulosa cells and developmental potential of oocytes in vitro. *Anim Reprod Sci* 81, 225-235.
- Khalili H, A Sairanen. 2000. Effect of concentrate type on rumen fermentation and milk production of cows at pasture. *Anim Feed Sci Technol* 84, 199-212.
- Kaneko J. 1997. Carbohydrate metabolism and its diseases. En: Kaneko J, J Harvey, M Bruss (eds). *Clinical biochemistry of domestic animals*. Academy Press, San Diego, Pp 45-81.
- Kellaway R, S Porta. 1993. Feeding concentrates supplements for dairy cows. *Dairy research and development corporation*. Melbourne, Australia.
- Kido A. 1988. Composición de concentrados basados en almidón y fibra digestible para la producción de leche. *Memoria de titulación*, Escuela de Agronomía, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Kolver ES, LD Muller. 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J Dairy Sci* 81, 1403-1411.
- Knowlton KF, TE Dawson, BP Glenn, GB Huntington, RA Erdman. 1998. Glucose metabolism and milk yield of cows infused abomasally or ruminally with starch. *J Dairy Sci* 81, 3248-3258.
- Leaver J. 1985. Milk production from grazed temperate grassland. *J Dairy Research* 52, 313-344.
- Lopez O. 1999. Comportamiento estacional de perfiles metabólicos en bovinos de lechería en la región metropolitana. *Tesis de Titulación*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Santo Tomás.
- Miettinen H, P Huhtanen. 1996. Effects of the ratio of ruminal propionate to butyrate on milk yield and blood metabolites in dairy cows. *J Dairy Sci* 79, 851-861.
- Miller W. 1979. Dairy cattle feeding and nutrition. Academic Press, New York.
- Neumann J, R Chihuailaf, A Ceballos, H Bohmwald, F Wittwer. 2007. Concentraciones sanguíneas de β -OH butirato y NEFA como indicadores de metabolismo energético en vacas lecheras. *Resúmenes de la VIII Jornada Chilena de Buiatría*, Frutillar, Chile, Pp 96-97.
- NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 5^a edición Academy Press, Washington D.C.

- Oba M, MS Allen. 2003a. Extent of hypophagia caused by propionate infusion is related to plasma glucose concentration in lactating dairy cows. *J Nutr* 133, 1105-1112.
- Oba M, MS Allen. 2003b. Dose-response effects of intraruminal infusion of propionate on feeding behaviour in lactating dairy cows in early or midlactacion. *J Dairy Sci* 86, 2922-2931.
- Oetzel G. 2007. Herd level ketosis -diagnosis and risk factors. *40th Annual Conference American Association of Bovine Practicioners*, Vancouver, Canada, Pp 67-91.
- Peyraud JL, L Delaby. 2001. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. En: Garnsworthy PC, J Wiseman (eds). *Recent advances in animal nutrition*. Nottingham University Press, UK, Pp. 203.
- Piatkowski B. 1982. Digestión y metabolismo de los carbohidratos. En: *El aprovechamiento de los nutrientes en los rumiantes*. 1^a ed. Editorial Hemisferio Sur, Argentina.
- Pulido RG, M Cerda, W Stehr. 1999. Efecto del nivel y tipo de c oncentrado sobre el comportamiento productivo de vacas lecheras en pastoreo primaveral. *Arch Med Vet* 31, 177-187.
- Pulido RG, JD Leaver. 2001. Quantifying the influence of sward height, concentrate level and initial milk yield on the milk production and grazing behavior of continuously stocked dairy cows. *Grass Forage Sci* 56, 57-67
- Pulido RG, E Felmer, A Hinostroza. 2006. Efecto del tipo de carbohidrato en el concentrado sobre el consumo de alimento de vacas lecheras en pastoreo. *Arch Med Vet* 38, 123-128.
- Pulido RG, S Berndt, P Orellana, F Wittwer. 2007. Effect of source of carbohydrate in concentrate on the performance of high producing dairy cows during spring grazing. *Arch Med Vet* 39, 19-26
- Radwell VW. 2000. Catabolism of protein and of amino acids ni trogen. En: Murray RK, DK Grammer, PA Meys, VW Radwell (eds). *Harper Biochemistry*. Mc Graw Hill, Pp 313-322.
- Roberts CJ, IM Reid, GJ Rowlands, A Paterson. 1981. A fat mobilization syndrome in dairy cows in early lactation. *Vet Rec* 108, 7-9.
- Roseler DK, JD Ferguson, CJ Sniffen, J Herrema. 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen in Holstein cows. *J Dairy Sci* 76, 525-534.

- Rosol TJ, C Capen. 1997. En: Kaneko J, J Harvey, M Bruss (eds). *Clinical biochemistry of domestic animals*. Academy Press, San Diego, Pp 619-670.
- Russell JB, JD O'Connor, DG Fox, PJ Van Soest, CJ Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant Fermentation. *J Anim Sci* 70, 3551-3561.
- Strauch MH. 2003. Efecto de la suplementación con dos tipos de carbohidratos en el concentrado sobre la síntesis de proteína microbiana, en vacas lecheras en pastoreo primaveral. *Memoria de Titulación*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Vargas VM. 2006. Evaluación metabólica de la suplementación energética con concentrados en base a almidón o fibra en vacas en lactancia a pastoreo durante la primavera. *Memoria de Titulación*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Visek WJ. 1979. Ammonia metabolism, urea cycle capacity and their biochemical assessment. *Nutr Rev* 37, 273-282.
- Voelker JA, MS Allen. 2003. Pelleted beet pulp substituted for high moisture corn: 3 Effect on Ruminant fermentation, pH, and microbial protein efficiency in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 86, 3562-3570.
- Webster AJF. 1993. *Understanding the dairy cow*. Bodmin, Cornwall, UK.
- Wensing T, T Kruip, JH Geelen, GH Wentink, AM van den Top. Postpartum fatty liver in high producing dairy cows in practice and in animal studies. *Comp Haematol Int* 7, 167-171.
- Wittwer F. 1993. Determinación de urea en muestras de leche de rebaños bovinos para el diagnóstico de un desbalance nutricional. *Arch Med Vet* 25, 165-172.
- Wittwer F. 2000. Diagnóstico de desequilibrios metabólicos de energía en rebaños bovinos. En: González F, J Barcellos, H Ospina, L Ribiero (eds). *Perfil Metabólico em ruminantes*. Pp 9-22. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.

8. ANEXOS

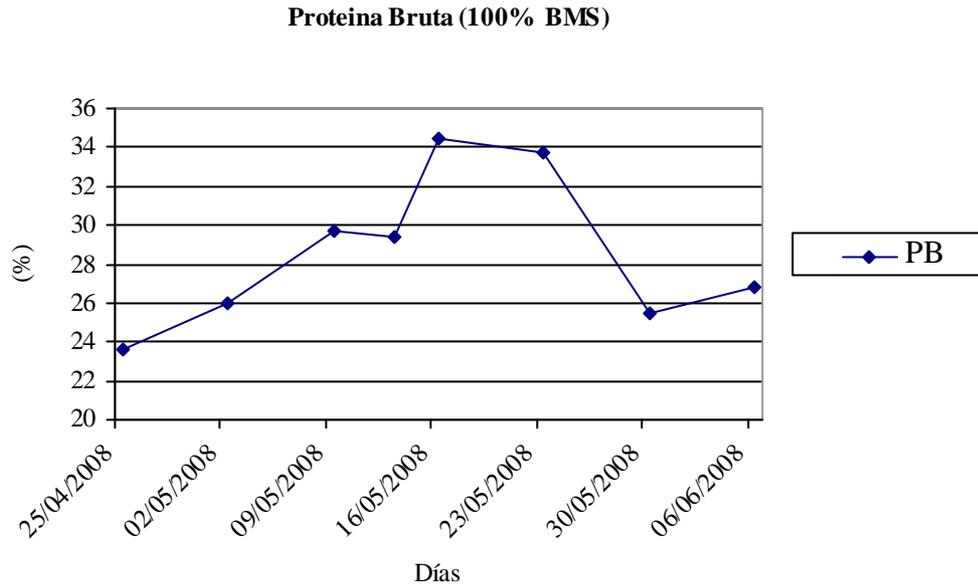
Anexo 1. Composición nutricional de la pradera (X) de 8 muestras recolectadas cada 7 días durante el ensayo.

Fecha	M.S. (%)	MS (%)	CT (%)	PB (%)	EM (Mcal/K)	FDN (%)	FDA (%)	Ca (%)	P (%)	Mg (%)	
	TCO*				BMS**						
25-04	22,96	100	7,38	23,65	2,39	49,80	31,44	0,41	0,26	0,20	
02-05	22,41	100	8,30	25,98	2,66	49,70	27,16	0,47	0,28	0,23	
09-05	14,90	100	9,00	29,67	2,81	37,43	19,26	0,43	0,33	0,25	
16-05	11,18	100	9,23	34,42	2,79	37,83	22,88	0,44	0,43	0,24	
23-05	13,35	100	9,21	33,72	2,58	34,33	25,47	0,36	0,45	0,21	
30-05	16,01	100	9,91	25,43	2,88	36,44	21,57	0,29	0,42	0,23	
06-06	12,94	100	9,40	26,83	2,59	44,29	20,70	0,33	0,38	0,22	
13-06	17,33	100	9,15	29,37	2,83	35,11	20,40	0,36	0,41	0,20	

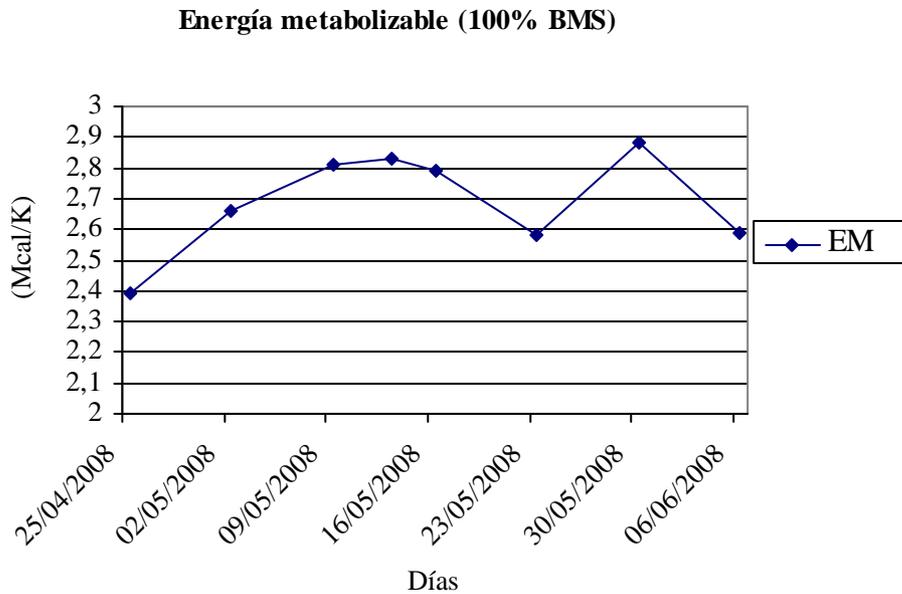
* *Tal como ofrecido.* ** *Base material seca*

Anexo 2. Concentraciones de -OH butirato y NEFA en 4 vacas diagnosticadas con cetosis subclínica durante el ensayo.

Vaca	Grupo	-OH butirato (mmol/L)	NEFA (mmol/L)
1	FB	2,1 mmol/L	0,32 mmol/L
2	FB	3,19 mmol/L	0,65 mmol/L
3	AA	2,6 mmol/L	0,7 mmol/L
4	FA	1,94 mmol/L	0,66 mmol/L



Anexo 3. Porcentaje de proteína bruta de 8 muestras de pradera recolectadas durante el ensayo.



Anexo 4. Mcal de Energía Metabolizable de 8 muestras de pradera recolectadas durante el ensayo.

9. AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las siguientes personas que hicieron posible la realización de esta Memoria de Título:

Dra. Mirela Noro por su importante participación, interés, ayuda y paciencia que hicieron posible esta Memoria de Título.

Dr. Rubén Pulido, gestor de la Memoria de Título, por su ayuda e importante participación.

Dr. Fernando Wittwer por su ayuda y participación.

Sr. Oscar Balocchi, Ingeniero Agrónomo por su participación en la determinación de los métodos de pastoreo de los animales.

Sra. Helga Bohmwald, Tecnólogo Médico, por su ayuda en la determinación de los metabolitos en el Laboratorio de Patología Clínica.

Al personal y administrador del predio “Vista Alegre” por su ayuda en la parte práctica de la Memoria.

A la CONICYT por el apoyo brindado mediante el proyecto FONDECYT 1070391.