

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

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

VICTOR MIGUEL VARGAS SOTO

VALDIVIA - CHILE

2005

PROFESOR PATROCINANTE : Dr. Fernando Wittwer M. _____

PROFESOR COPATROCINANTE : Dr. Rubén Pulido F. _____

PROFESORES CALIFICADORES : Dr. Wolfgang Stehr W _____

Dra. Viviana Bustos S _____

FECHA DE APROBACIÓN: 5 de Abril del 2005

ÍNDICE

CAPÍTULO	PÁGINA
1.- RESUMEN	1
2.- SUMMARY	2
3.- INTRODUCCIÓN	3
4.- MATERIAL Y MÉTODOS	9
5.- RESULTADOS	13
6.- DISCUSIÓN	18
7.- BIBLIOGRAFÍA	23
8.- ANEXOS	28
9.- AGRADECIMIENTOS	30

....a Ella y a nuestros hijos Daniel y Diego,
...los amo.

1. RESUMEN

La deficiencia de energía constituye la principal limitante nutricional en vacas en lactancia a pastoreo, situación que es superada mediante la suplementación con concentrados. El presente estudio tiene por objeto determinar el efecto de la suplementación con concentrados en base a fibra o almidón en indicadores del metabolismo energético y proteico en vacas en lactancia a pastoreo durante la primavera.

Se utilizaron 27 vacas de raza Frisón Negro Chileno, seleccionadas en base a producción de leche, días posparto, peso vivo, condición corporal y número de lactancias previas, las que fueron asignadas a 3 tratamientos con un diseño de bloques al azar. Los tratamientos fueron: Pastoreo (TP), pastoreo más concentrado amiláceo (TA) y pastoreo más concentrado fibroso (TF). La dieta base consistió en pastoreo de pradera ofrecida *ad-libitum* (35 kg MS/vaca/día). El concentrado se entregó en dos raciones de 3 kg durante las ordeña de la mañana y de la tarde. De cada animal se obtuvieron 6 muestras de sangre con heparina y NaF, con un lapso de 7 días entre muestras. Se determinaron las concentraciones plasmáticas de β OH-butirato (FAO-AIEA, 1993), urea (ureasa cinético), albúminas (verde de bromocresol) y glucosa (GOD oxidasa), en un autoanalizador Cobas Mira Plus[®]. Los datos fueron analizados en cuanto a estadística descriptiva (promedios, EE, normalidad y homoscedasticidad) y las diferencias entre los tratamientos se determinaron mediante ANDEVA y prueba de Tukey, empleando el programa estadístico Statistix 8.0 con un nivel de significación de 95%.

La vacas del grupo TA presentaron concentraciones de β OH-butirato inferiores a las del grupo TP y TF ($p < 0,05$), con una prevalencia de cetosis subclínica de 2 % (β -hidroxibutirato $> 1,0$ mmol/L), menor a la obtenida en TF (18%) y TP (24%), indicando una degradación ruminal más efectiva, favoreciendo el balance energético en el animal. Las concentraciones plasmáticas de glucosa fueron superiores en el grupo TA ($p < 0,05$), indicando una mayor disponibilidad de energía en el animal. Las concentraciones de urea fueron inferiores ($p < 0,05$) en el grupo TA y más elevadas en TP ($p < 0,05$), indicando el mejor aprovechamiento del nitrógeno de la pradera por las bacterias ruminales en los grupos suplementados. Las concentraciones plasmáticas de albúminas no variaron entre los tratamientos ($p > 0,05$), señalando que estos no tuvieron efecto sobre esta variable o bien que alguna variación no se expresó producto del lento recambio de esta proteína en el organismo.

Los antecedentes permiten concluir que la suplementación con concentrado energético amiláceo favorece el balance energético en vacas en lactancia a pastoreo disminuyendo el riesgo de presentación de cetosis subclínica, y que la suplementación con concentrado energético amiláceo o fibroso aumenta el aprovechamiento del nitrógeno de la pradera, disminuyendo la concentración de urea plasmática.

Palabras Claves: vacas, pastoreo, suplementación, metabolismo, energía.

2. SUMMARY

METABOLIC EVALUATION OF ENERGY SUPPLEMENTATION WITH STARCH OR FIBRE-BASED CONCENTRATE IN LACTATING DAIRY COWS AT PASTURE

Energy shortage is the main nutritional restraint in dairy cows under grazing conditions. The use of concentrates has been widely used to overcome this limitation. The objective of present study is to determine the effect of supplementation with starch or fibre-based concentrates on energy and protein metabolism in dairy cows at spring pasture.

Twenty seven lactating Friesian dairy cows were used and blocked according to milk yield, days calved, live weight and body condition, in an experimental period during spring 2003. Cows were assigned at random to 3 treatments with a design blocks for 42 days: Grazing alone (TP), grazing plus 6 kg/d of sugar beet pulp-based concentrate (TA) and grazing plus 6 kg/d of cereal-based concentrate (TF). The concentrate was offered in two same parts during morning and afternoon milking. Six blood samples of each animal were obtained with a lapse of 7 days between samples and deposited in tubes containing sodium heparin and NaF. Plasma was separated and analyzed for β OH butyrate, glucose, urea and albumin using an Cobas Mira Plus[®] autoanalyzer. The data were analyzed with descriptive statistic and differences between treatments were performed mediate Andeva and Tukey probe using a statistic program Statistix 8.0 with a 95 % signification level.

TP group present β OH butyrate concentrations lower than TS and TF groups ($p < 0.05$) with a prevalence of subclinical ketosis of 2 % (β OH butyrate >1.0 mmol/L) fewer than TF (18%) and TG (24%), indicating an effective ruminal degradation, that it favors the energetic balance. The plasmatic glucose concentrations was higher in TA ($p < 0.05$) indicating a greater availability of energy in the animal. The plasmatic urea concentrations were lower ($p < 0.05$) in TS group and higher in TG ($p < 0.05$) indicating a better utilization of pasture nitrogen by ruminal bacterias in the supplemented groups. The plasmatic albumin concentrations didn't changes between treatments ($p > 0.05$), signaling that these didn't have effect on this variable or that some variation didn't express because of the slow spare part of that protein in the organism.

From the results it can be concluded that supplementation with starch concentrate advantage the energetic balance in lactating dairy cows at pasture, lowing the risk of subclinical ketosis, and that supplementation with starch or fibre concentrate, increase the utilization of pasture nitrogen lowing the plasmatic urea concentrations.

Keywords: cows, pasturing, supplementation, metabolism, energy.

3. INTRODUCCIÓN

Dada la importancia que ha experimentado la producción de leche de vaca en los últimos años en Chile, cabe mencionar, la creciente preocupación de los agricultores por el estado nutricional y los problemas asociados a desbalances metabólicos de sus rebaños, conjuntamente ha aumentado el interés de éstos por instaurar sistemas basados en la prevención, teniendo en cuenta que a mediano y largo plazo la elección resulta más rentable en términos de mayores ingresos por mayores volúmenes de producción y menores costos por tratamientos principalmente.

Los trastornos metabólicos de origen nutricional en vacas de alta producción a pastoreo son frecuentes durante la primavera (Contreras y col, 1996), período en el cual se concentra el 40% o más de la producción anual de pradera permanente en el sur de Chile (Ruiz 1997), la cual resulta ser el recurso mas abundante y barato utilizado por la mayor parte de los sistemas productivos (Pulido 1999, Pulido 2001, Aguilera 2003). Esta si bien contiene un alto porcentaje de proteína cruda, entrega un aporte moderado de energía metabolizable (Ruiz 1997), lo que contrasta con el aumento en los requerimientos de energía y una disminución en el consumo de materia seca durante el primer tercio de lactancia, conduciendo al animal a un balance energético negativo (Wittwer 2000). De la misma forma, la pradera durante la primavera contiene un bajo porcentaje de materia seca, lo que lleva a una disminución en su consumo por parte de las vacas de alta producción, siendo así la principal limitante para la producción de leche. (Leaver, 1985).

Para compensar el balance energético negativo las vacas recurren a un aumento de los procesos de lipólisis, gluconeogénesis y glicogenolisis hepática así como movilización de reservas corporales. Sin embargo lo anterior no es suficiente observándose que el balance energético negativo persiste, haciéndose más notorio en vacas que por selección genética priorizan la producción de leche (Alcázar 1999).

Bajo estas condiciones se justifica plenamente la suplementación energética principalmente debido a que la pradera no es capaz por sí sola de proporcionar los nutrientes necesarios para mantener una adecuada producción. La suplementación permite maximizar la producción de la pradera y mejorar su calidad nutritiva mediante un adecuado manejo del pastoreo, por su parte la suplementación energética en vacas lecheras produce modificaciones en el ambiente ruminal así como en parámetros de tipo productivos. Los efectos que pudieran manifestarse dependen del tipo de suplemento utilizado, la forma de presentación y la cantidad consumida por el animal (Alcázar 1999).

La principal fuente energética usada como suplemento en las explotaciones lecheras de la zona sur del país son los granos de cereales, los que se caracterizan por poseer un alto contenido de almidón entre ellos podemos mencionar la avena, maíz y cebada. La

suplementación con concentrados ricos en almidón se caracteriza por producir cambios a nivel ruminal que pueden disminuir la digestión de la fibra, lo que redundaría en una menor tasa de pasaje reduciendo el tiempo de pastoreo y por lo tanto el consumo de pradera (Daetz 2004), además otro cambio importante que sucede a nivel ruminal es que modifica las proporciones molares de los ácidos grasos volátiles originados producto de la degradación del almidón, favoreciendo la producción de propionato, el cual es el principal precursor de glucosa en los rumiantes (Piatkowski 1982).

Otra fuente de suplementación energética bastante común entre los productores lecheros es el uso de concentrados fibrosos en base a coseta de remolacha azucarera, el que se caracteriza por el alto contenido de carbohidratos solubles altamente fermentables (Kido 1998), los que utilizados en vacas a pastoreo durante la primavera aumentarían el consumo de materia seca de la pradera, aumentando por consiguiente el consumo total de materia seca.

Para la realización de una adecuada evaluación de la suplementación energética en vacas en lactancia es de suma importancia referirse a como estos modifican el ambiente ruminal para la producción de ácidos grasos volátiles (ácido acético, propiónico y butírico), productos principales del metabolismo de los carbohidratos en el rumen y la fuente de energía más importante. El conocimiento de las cantidades de ácidos grasos volátiles existentes en el rumen es de importancia fundamental, en relación con las diferentes eficiencias energéticas de cada ácido graso volátil en particular, lo que en consecuencia marcará la diferencia entre la utilización de un concentrado u otro. Las raciones ricas en concentrados amiláceos determinan un aumento en la cantidad de bacterias amilolíticas en el rumen y por consiguiente un aumento en la proporción de ácido propiónico respecto de acetato, situación que no sucede al suplementar con concentrados fibrosos (Bondi 1988).

Existe una correlación positiva entre la ingestión de alimentos y la producción de leche. Los carbohidratos representan la mayor fracción de nutrientes en la dieta del ganado lechero, la utilización de estos varía enormemente dependiendo del tipo de carbohidratos consumido y el estado fisiológico del animal. Se ha demostrado que al aumentar la proporción de concentrados hidrocarbonados como los granos de cereales en la ración a expensas del forraje, aumenta la ingestión de alimentos y la producción de leche, especialmente en vacas genéticamente superiores (Bondi 1988).

Es importante destacar que la síntesis de leche requiere energía para formar sus constituyentes y satisfacer los procesos bioquímicos y fisiológicos que involucra, se requiere mucho más alimento para suplir las necesidades de energía de una vaca en período de lactancia que para todos los demás nutrientes combinados (Miller 1979).

Las vacas que cursan con déficit de energía, recurren a la movilización de sus reservas corporales de grasa para su inmediata metabolización vía hepática y obtención de la energía necesaria para corregir el desbalance en la medida que este lo permita. (Wittwer 2000). En estos animales el metabolismo energético frecuentemente se ve alterado, ya que para mantener la glicemia y producir lactosa en la glándula mamaria, dependen casi exclusivamente de la glucosa formada en el hígado (Contreras 1998).

Los requerimientos proteicos de un animal en contraste con los de energía, no pueden ser satisfechos a partir de sus reservas proteicas cuando la dieta es deficitaria ya que estas son mínimas y no pueden ser movilizadas para satisfacer sus necesidades, por lo que la proteína debe ser administrada diariamente en la dieta (Miller 1979).

Continuando con lo anterior es importante mencionar que las bacterias y protozoos del rumen no producen la cantidad de proteína suficiente para satisfacer las necesidades máximas de producción de leche. Algunas proteínas de la dieta escapan a la degradación ruminal y pasan al intestino delgado para suplir la demanda de aminoácidos. Una nutrición proteica adecuada es de esta manera determinada por el suministro diario de proteína hacia el rumen y otros tejidos.

Conociendo el comportamiento y las variaciones que tienen los componentes sanguíneos en un rebaño en los diferentes estados fisiológicos y productivos que pueden ser considerados como normales es posible obtener conclusiones acerca del estado nutricional y de salud de un rebaño (Hewett 1974), permitiendo indirectamente evaluar los diferentes planos nutritivos a los cuales están sometidos nuestros animales. Por su parte el balance metabólico de energía en bovinos puede ser determinado midiendo las concentraciones plasmáticas de glucosa y beta-hidroxibutirato así como cuerpos cetónicos en muestras de leche u orina (Wittwer, 2000). El balance metabólico de proteína puede ser evaluado mediante la determinación de urea y albúmina plasmáticas. Las concentraciones de urea y albúmina en suero son buenos indicadores del estatus metabólico proteico del animal. La urea entrega una valoración del balance diario de nitrógeno directo, proteico o no proteico; en contraste la albúmina entrega información referida a períodos mayores a dos semanas (Payne 1987, Ingraham y Kappel 1988).

3.1. GLUCOSA

El rumiante no tiene glucosa a su disposición directamente de la ración para poder usarla como fuente de energía y en actividades sintéticas, la cantidad de glucosa disponible es solo aquella que resulta del ácido propiónico formado en el rumen y de los aminoácidos glucógenos producidos en el hígado o bien absorbidos directamente del intestino (Piatkowski 1982, Bücher 1998). Respecto de lo antes mencionado cabe destacar la mayor proporción molar de propionato que se obtiene al suplementar las vacas con concentrados amiláceos, situación que pudiera influir positivamente en el metabolismo de glucosa en el animal.

La determinación de la concentración de glucosa plasmática como indicador del balance metabólico de energía tiene el inconveniente de presentar una muy baja sensibilidad ante cambios nutricionales, debido al fuerte control homeostático hormonal que el organismo mantiene sobre su concentración. Otra característica atribuida es la de reaccionar con gran sensibilidad ante situaciones de estrés (Moraga 2000, Wittwer 2000), además de otros factores que podrían influenciar los resultados o confundir su interpretación como la hora del día en que se toma la muestra y el manejo de esta (Bücher 1998).

3.2 CUERPOS CETÓNICOS

Durante el período de mayor demanda fisiológica de glucosa como ocurre en el primer tercio de la lactancia en vacas de lechería, los animales presentan una deficiencia nutricional de ácidos grasos para la oxidación y producción de energía, de modo que la degradación de los carbohidratos se reduce, y por consiguiente, la concentración de oxalacetato es insuficiente para reaccionar con el acetyl-CoA formado, razón por la cual tiene lugar la condensación entre parejas de grupos acetyl originando ácido acetoacético, el cual origina al ácido β -hidroxibutírico y acetona (Bondi 1988). Estos tres compuestos son los denominados cuerpos cetónicos, los que en forma natural sirven como fuente de energía principalmente en tejidos periféricos como músculo esquelético. Las concentraciones de cuerpos cetónicos se elevan en animales que padecen cetosis clínica y subclínica, como ocurre en vacas de alta producción, provocando pérdidas económicas por costos de tratamientos y menor producción de leche. La cetosis subclínica es de especial interés en consideración a su elevada prevalencia, la que en vacas Holstein alcanza a un 43% durante la segunda semana de lactancia con pérdidas que pueden alcanzar a USD 78 por caso de cetosis subclínica (Geishauser y col., 2001). Esta condición es factible detectarla mediante el uso de pruebas específicas que permiten determinar el aumento de la concentración de cuerpos cetónicos como el β hidroxibutirato en la sangre, o el acetoacetato en la leche y orina.

El β -hidroxibutirato proviene de la fermentación de los hidratos de carbono en el rumen, puede ser almacenado como grasa en el tejido adiposo del animal constituyendo una reserva de energía (Payne 1987), su precursor directo es el ácido butírico, cuyo metabolismo ocurre especialmente en el epitelio ruminal y en el hígado donde es transformado finalmente. El β -hidroxibutirato posee un efecto glucogénico indirecto, menor al del propionato y mayor al del acetato (Piatkowski 1982).

La concentración de β -hidroxibutirato se encuentra relacionada directamente con la tasa de movilización de reservas lipídicas en momentos de déficit energético, y es el indicador más usado para determinar dicho balance (Wittwer 2000). Altas concentraciones de β -hidroxibutirato están directamente relacionadas con tasas elevadas de movilización de reservas grasas, del mismo modo, valores plasmáticos de beta-hidroxibutirato tienen una mayor utilidad en los casos en que la demanda de glucosa por el organismo es crítica como al inicio de la lactancia y al final de la gestación (González 2000).

Del mismo modo también es posible determinar el balance energético en un animal aplicando la Prueba de Rothera que se realiza en muestras de leche siendo de menor costo y más fácil implementación en un rebaño, la cual tiene una mayor sensibilidad para acetoacetato (Wittwer 2000). Este último es el principal precursor de grasa en la leche, proviene de la formación de los ácidos grasos volátiles sintetizados en el rumen como producto de la fermentación de los carbohidratos de la dieta, aunque existe un porcentaje muy pequeño que es de origen endógeno (Bondi 1988).

3.3 UREA

Producto del metabolismo de los compuestos nitrogenados del alimento en el rumen se obtiene amoniaco, (Piatkowski 1982), el cual se emplea principalmente para la síntesis de proteína microbiana, otra parte pasa a través de la pared ruminal hacia el torrente sanguíneo, llegando al hígado vía porta, donde es transformado en urea (Payne 1987). La determinación de urea en sangre como indicador de la proteína consumida en la dieta de vacas de lechería ha sido usada por más de tres décadas (Wittwer 1980, Sommer 1985). Las concentraciones de urea sanguínea cambian rápidamente por modificaciones en la ración y es un indicador sensible de la ingesta de proteína cruda y nitrógeno no proteico, sin embargo alteraciones en sus concentraciones también pueden ser causados por deshidratación y bajo consumo de energía (Wittwer 1987). La concentración de urea es regulada por el balance energético y la disponibilidad de proteínas degradables y solubles en el rumen, lo que puede lograrse mediante la suplementación de la dieta con concentrados que aporten energía. Un aporte deficiente de proteína en la dieta conlleva una disminución de la concentración de proteínas en los fluidos, por el contrario, un exceso de proteínas produce un aumento en la formación y absorción de amonio ruminal con el consiguiente incremento de la concentración de urea en sangre y leche (Wittwer 1997).

Se estableció que el consumo de dietas bajas en proteínas (10 %) conducía a bajos valores de proteína sérica, y se observó que altas concentraciones de proteína total en el suero comenzado el verano se atribuían al aumento del contenido proteico de la pastura.

3.4 ALBÚMINA

Es la proteína más abundante en el plasma sanguíneo y corresponde aproximadamente a un 50 % del total de proteínas circulantes (Contreras 2000). La determinación de albúmina con fines diagnósticos en los animales, se encuentra ligada preferentemente a la identificación de fallas prolongadas en la composición dietaria referente a la concentración de proteína (Roussel y col, 1997). En términos generales un bajo aporte proteico en la dieta de manera sostenida también hace disminuir la concentración de esta proteína en sangre al igual que alteraciones crónicas de hígado, riñón, desórdenes gastrointestinales crónicos y parasitismo gastrointestinal por su parte el aumento de albúmina solo se observa en hemoconcentración y este es relativo (López 1999).

Para compensar el déficit de alimentación que ocurre en los rebaños durante el período antes mencionado, que conduce a un balance energético negativo, principalmente debido al menor consumo de materia seca, se ha instaurado el uso de alimentos concentrados que aporten altos niveles de energía (Strauch 2003, Bargo y col 2003), como los formulados en base a granos de cereales y subproductos de la industria azucarera, entre otros (Cañas 1998). La suplementación con concentrados en animales en pastoreo es comúnmente estratégica, y se realiza para mantener la productividad en períodos de escasez de forrajes, para mejorar la

productividad sobre la que se puede obtener sólo con pradera, a través de un aumento en el consumo de materia seca (Cerdeña 1999, Pulido 1999).

La suplementación con concentrados energéticos además de aumentar el consumo de materia seca en vacas en lactancia a pastoreo, mejora la eficiencia de utilización del nitrógeno de la pradera por parte de los microorganismos ruminales (Sinclair y col 2000, Bargo y col 2002), permitiendo disminuir los niveles de nitrógeno ureico plasmáticos y aumentando la concentración de glucosa sanguínea, entre otros (Strauch 2003) ajustando consecuentemente el metabolismo intermediario energético y proteico (Sinclair y col 2000).

En el presente trabajo se postula como hipótesis que la suplementación energética con concentrados en base a almidón o fibra permiten una similar utilización para compensar eventuales deficiencias metabólicas de energía en vacas en lactancia a pastoreo durante la primavera. En consideración de ello se plantea como objetivos determinar en vacas en lactancia a pastoreo y suplementadas con concentrados en base a almidón de cebada o fibra de coseta de remolacha las concentraciones plasmáticas de glucosa y betahidroxibutirato así como de cuerpos cetónicos en muestras de leche, como indicadores del balance metabólico de energía, y las concentraciones plasmáticas de urea y albúmina como indicadores de balance metabólico de proteínas.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Ubicación del ensayo

El estudio se realizó en la estación experimental Vista Alegre de la Universidad Austral de Chile, ubicada 9 kilómetros al norte de la ciudad de Valdivia, provincia de Valdivia, 10^a Región, Chile, (39°48' LS y 73°13' LO), a una altura promedio de 12 metros sobre el nivel del mar.

4.1.2 Animales seleccionados

Se utilizaron 27 vacas de raza Frisón Negro provenientes de los predios Vista Alegre, Punahue y Santa Rosa, de la misma Universidad. Los animales fueron seleccionados en base a producción de leche, días posparto, peso vivo, condición corporal y número de lactancias previas.

4.1.3 Ambiente

Se utilizaron 8,7 hectáreas de pradera permanente mejorada, divididas en 7 potreros, los que se encontraban a aproximadamente 400 metros de distancia de la sala de ordeña. El sitio del ensayo corresponde a un suelo de la serie Valdivia (Typic Hapludand), de topografía ligeramente ondulada y sin problema de drenaje.

4.1.4 Alimentos

Los alimentos utilizados durante el ensayo muestran las características de composición química indicadas en el Cuadro 1 y fueron los siguientes:

- Ración base: pradera permanentemente mejorada, constituida mayormente de ballica (*Lolium* sp.) con uniformidad en cuanto a composición botánica, edad y manejo.
- Concentrados: dos tipos de concentrado, ambos pelletizados, isoproteicos e isocalóricos los que se caracterizaron por poseer un mínimo de 11 % PC y 3.1 Mcal/EM. El concentrado amiláceo (A) tuvo como fuente de energía el almidón de cebada, a su vez el concentrado fibroso (F) la fibra de la coseta de remolacha.
- Agua: se ofreció ad-libitum en potreros y patio de espera de la sala de ordeña.
- Sales minerales: se ofrecieron ad-libitum en el patio de espera de la sala de ordeña.

Cuadro 1. Composición química, en base materia seca, de los concentrados amiláceo (A), fibroso (F) y de la pradera empleados como alimento durante el experimento.

		CONCENTRADO		PRADERA
		A	F	x ± D.E
Materia seca (MS)	%	88,1	88,9	15,6 ± 1,4
Proteína cruda	%	12,1	11,1	20,8 ± 2,3
Fibra detergente neutro	%	28,1	37,9	52,1 ± 4,4
Extracto etéreo	%	18	16	---
Cenizas totales	%	2,5	6,9	10,9 ± 1,7
Energía metabolizable	Mcal/kg.MS	3,1	3,1	2,6 ± 0,1

4.2. METODOS

4.2.1 Identificación y agrupación de los animales

Cada uno de los animales fue individualizado por medio del número y color del autocrotal de registro del predio de procedencia y se distribuyeron en tres grupos homogéneos de acuerdo a los parámetros que se indican en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características de las vacas al inicio del experimento y su distribución en tres grupos homogéneos.

CARACTERÍSTICA	GRUPOS (G)		
	x ± D E (n = 9)	x ± D E (n = 9)	x ± D E (n = 9)
Peso inicial (kilos)	513 ± 46	510 ± 57	514 ± 56
Días posparto	53 ± 12	51 ± 12	46 ± 12
Producción de leche inicial	28,8 ± 3,7	27,9 ± 4,1	31,0 ± 2,6
Nº de lactancias previas	3,2 ± 2,0	3,6 ± 1,3	4,6 ± 2,0

4.2.2 Diseño experimental

El ensayo tuvo una duración de 49 días, el que fue dividido en una fase inicial o preexperimental de 7 días y una fase experimental de 42 días, el que se llevó a cabo entre el 22 de Septiembre y el 09 de Noviembre del año 2003.

Las vacas se distribuyeron en tres grupos de 9 animales cada uno, en un diseño experimental aleatorio continuo, en el que los animales permanecieron en el mismo grupo durante todo el experimento.

Los grupos fueron asignados al azar a los siguientes tratamientos:

- TP: tratamiento solo pastoreo.
- TA: tratamiento suplementadas con concentrado amiláceo, las que recibieron pastoreo más 6 kilogramos de concentrado A.
- TF: tratamiento suplementadas con concentrado fibroso, las que recibieron pastoreo más 6 kilogramos de concentrado F.

Tanto durante la fase preexperimental como experimental se entregaron 6 kilos de concentrado al día a las vacas pertenecientes a los tratamientos TA y TF, en dos porciones de 3 kilos cada una durante la ordeña de la mañana y de la tarde.

4.2.3 Manejo

Los tres grupos de vacas fueron manejados independientemente y se mantuvieron en potreros separados, pastoreando una franja de pradera con cambio dos veces por día.

Para determinar la superficie de cada franja se utilizó el método de medición de la altura de la pradera pre-pastoreo y post-pastoreo. Las franjas fueron reguladas por un cerco eléctrico móvil y se ofreció con una disponibilidad aproximada de 35 kg. de MS vaca / día dividida en dos raciones (franjas) diarias para un consumo ad-libitum (Hodgson 1990).

4.2.4 Muestreo

A partir del séptimo día del período experimental se obtuvieron 6 muestras de sangre y leche a todos los animales con un lapso de 7 días entre muestras.

Las muestras de sangre se obtuvieron mediante venopunción yugular o coccígea, de donde se extrajeron 7ml de sangre, de los cuales 3 ml fueron adicionados a un tubo con NaF para la determinación de la glicemia y 4 ml fueron adicionados a un tubo con heparina sódica para la determinación de urea, albúmina y beta-hidroxibutirato, posteriormente fueron centrifugadas por 10 minutos a 2000 rpm el mismo día de muestreo y el plasma fue alicuotado y congelado en tubos Eppendorf de 1,5 ml para su posterior análisis.

Las muestras de leche fueron obtenidas durante la ordeña de la tarde en tubos plásticos de 100 ml, para la determinación de cuerpos cetónicos.

4.2.5 Análisis de muestras

Las muestras de sangre fueron analizadas en el Laboratorio de Patología Animal del Instituto de Ciencias Clínicas Veterinarias, en tanto que las muestras de leche fueron analizadas en el predio, el día de su obtención.

Las determinaciones realizadas en las muestras fueron las siguientes:

β -hidroxibutirato (mmol/L): fue determinado en las muestras de plasma mediante el método de FAO-AIEA (1993) en un espectrofotómetro Hitachi 4020.

Glucosa plasmática (mmol/L): fue determinada en un auto analizador Cobas Mira Plus mediante el método GOD-PAP (kit reactivo Roche 1448668).

Urea (mmol/L): fue determinada en las muestras de plasma en un auto analizador Cobas Mira Plus mediante el método GLDH UV cinético (kit reactivo Human 10521).

Albúmina plasmática (g/L): fue determinada en un auto analizador Cobas Mira Plus mediante el método verde de bromo cresol (kit reactivo Human 10560).

Cuerpos cetónicos: fueron determinados en las muestras de leche mediante la prueba de Rothera (Wittwer 2000) en donde un valor negativo representa una cantidad de acetoacetato < 10 mg/dl, y positivo sobre dicho valor.

Además, se determinó la prevalencia de cetosis subclínica considerando como positivo las muestras que presentaron una concentración plasmática de β -hidroxibutirato > 1,0 mmol/L (Duffield 2000).

4.2.6 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados empleando estadística descriptiva, promedios (\bar{x}) y error estándar (EE), utilizando para este objeto una planilla Excel de Microsoft 2002. Posterior a establecer la normalidad en la distribución de los datos de cada variable mediante la prueba de Shapiro-Wilk las diferencias entre tratamientos se determinaron mediante ANDEVA y prueba de Tukey, empleando el programa estadístico Statistix 8.0 con un nivel de significación de 95%.

5. RESULTADOS

La concentración de glucosa plasmática fue mas elevada ($p<0,05$) en el grupo de vacas suplementadas con concentrado amiláceo, comparado con las de los tratamientos TP y TF que fueron similares entre si ($p>0,05$) (Cuadro 3), es así que de 6 muestreos, en 5 de ellos los valores de glucosa fueron mayores en el grupo TA (Figura 1). Durante el período experimental la glicemia presentó una tendencia disminuir, siendo al final del experimento menor que al inicio ($p<0,05$) (Cuadro 4).

La concentración plasmática de β -hidroxibutirato se mantuvo constante durante el período experimental (Cuadro 4), siendo menor ($p<0,05$) en el grupo de vacas suplementadas con concentrado amiláceo TA, comparado con las de los tratamientos TP y TF que fueron similares ($p>0,05$) (Cuadro 3), es así que los promedios obtenidos en el grupo TA siempre fueron menores que en los otros grupos (Figura 2). Coincidente con ello la prevalencia de cetosis subclínica posterior al primer muestreo fue menor en el grupo TA (2%), comparada con la obtenida en los tratamientos TF (18%) y TP (24%) (Figura 3).

La medición de cuerpos cetónicos en muestras de leche mediante la prueba de Rothera, arrojó resultados negativos en todos los animales durante los seis muestreos realizados durante el experimento.

La concentración plasmática de urea fue más elevada en las vacas sólo a pastoreo, TP, comparado con las que fueron suplementadas, TA y TF, ($p<0,05$); y entre estas fue mas baja en el grupo suplementado con concentrado amiláceo, TA ($p<0,05$). La concentración de urea si bien presentó diferencias entre períodos ($p<0,05$), estas no siguen una tendencia clara (Cuadro 4); aunque se puede apreciar que las diferencias entre los tres grupos de animales se mantuvieron constantes (Figura 4).

La concentración de albúmina fue similar en los tres grupos de animales (Cuadro 3) y relativamente constante durante el período experimental, con un leve incremento en el día 14 ($p<0,05$) (Cuadro 4 y Figura 5).

Cuadro 3. Promedios* (\pm EE) de las concentraciones plasmáticas de glucosa, β -hidroxibutirato, urea y albúmina en vacas en lactancia a pastoreo (TP) y suplementadas con concentrado amiláceo (TA) y fibroso (TF) durante 42 días.

Variables		Tratamientos			p
		TP n = 9	TA n = 9	TF n = 9	
Glucosa	mmol/L	3,09 \pm 0,07 ^a	3,25 \pm 0,12 ^b	3,09 \pm 0,08 ^a	0,0023
β -OHButirato	mmol/L	0,86 \pm 0,12 ^a	0,59 \pm 0,07 ^b	0,82 \pm 0,09 ^a	0,0000
Urea	mmol/L	8,18 \pm 0,40 ^a	6,61 \pm 0,46 ^b	7,26 \pm 0,53 ^c	0,0000
Albúmina	g/L	38,6 \pm 0,7 ^a	38,4 \pm 0,6 ^a	38,4 \pm 1,0 ^a	0,9287

*Promedio de valores obtenidos en 6 muestreos durante 42 días.
Letras distintas en una fila señalan diferencias $p < 0,05$.

Cuadro 4. Promedios* (\pm EE) en 6 muestreos durante 42 días de las concentraciones plasmáticas de glucosa, β -hidroxibutirato, urea y albúmina en 27 vacas en lactancia.

Variable		Días del experimento					
		7	14	21	28	35	42
Glucosa	mmol/L	3,33 ^a \pm 0,10	3,16 ^{abc} \pm 0,09	3,06 ^{bc} \pm 0,10	3,19 ^{ab} \pm 0,08	3,17 ^{abc} \pm 0,1	2,96 ^c \pm 0,09
β -OHButirato	mmol/L	0,91 ^a \pm 0,11	0,72 ^a \pm 0,08	0,74 ^a \pm 0,09	0,72 ^a \pm 0,08	0,76 ^a \pm 0,10	0,68 ^a \pm 0,10
Urea	mmol/L	8,69 ^a \pm 0,39	7,11 ^{bc} \pm 0,45	6,78 ^c \pm 0,44	7,92 ^{ab} \pm 0,34	7,00 ^{bc} \pm 0,47	6,61 ^c \pm 0,32
Albúmina	g/L	38,0 ^{ab} \pm 0,73	39,7 ^a \pm 0,73	38,1 ^{ab} \pm 0,78	38,9 ^{ab} \pm 0,84	38,3 ^{ab} \pm 0,73	37,8 ^b \pm 0,71

* Promedio de valores obtenidos en 3 grupos de 9 vacas cada uno.
Letras distintas en una fila señalan diferencias $p < 0,05$.

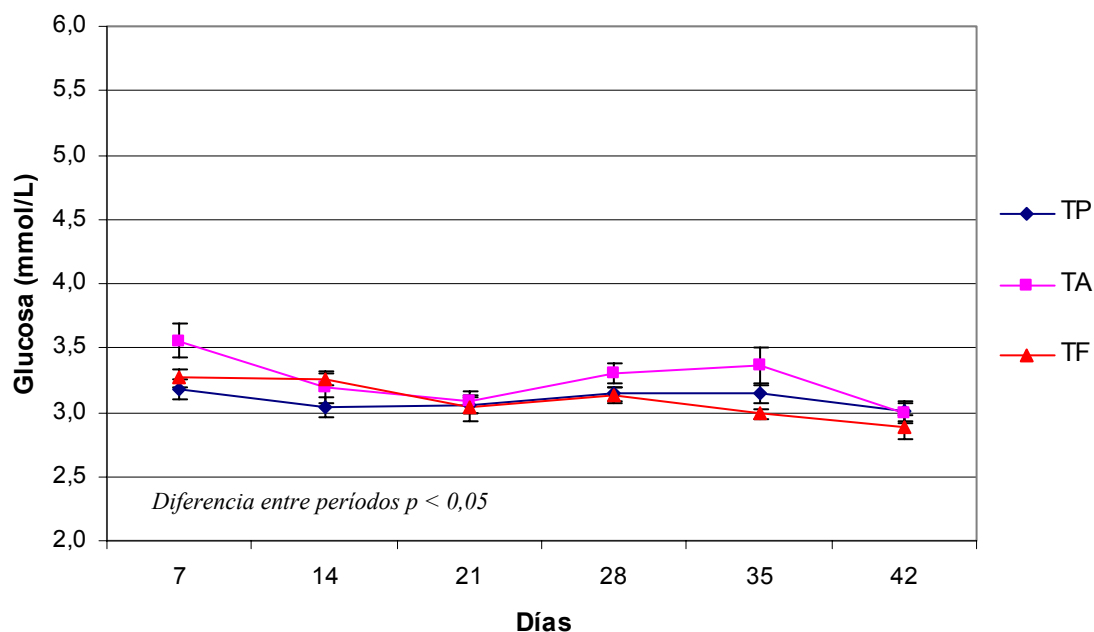


Figura 1. Variación de la concentración plasmática de glucosa ($x \pm EE$) en vacas en lactancia a pastoreo (TP) y suplementadas con concentrado amiláceo (TA) y fibroso (TF) durante un período experimental de 42 días.

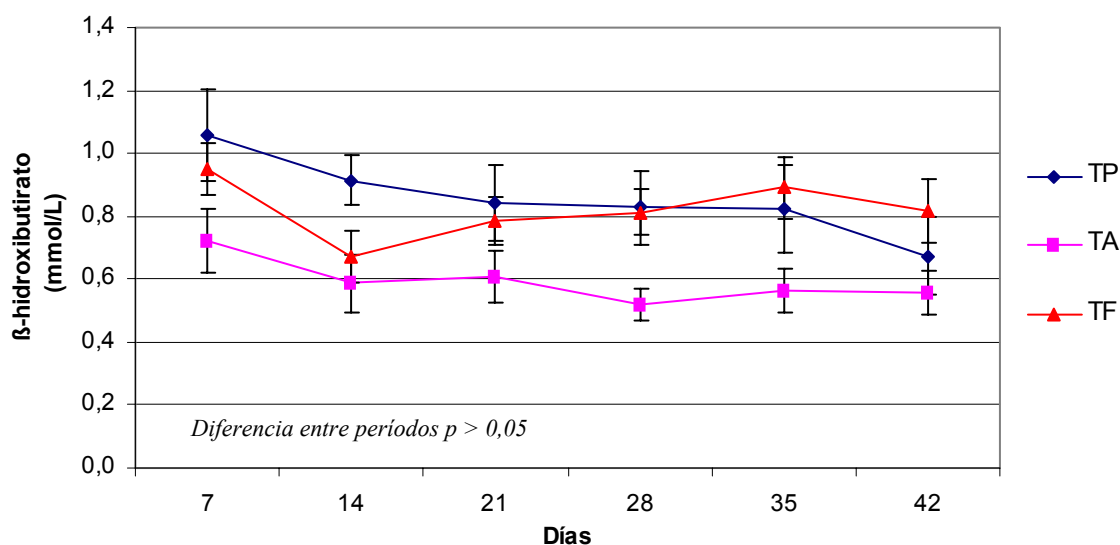


Figura 2. Variación de la concentración plasmática de β -hidroxibutirato ($x \pm EE$) en vacas en lactancia a pastoreo (TP) y suplementadas con concentrado amiláceo (TA) y fibroso (TF) durante un período experimental de 42 días.

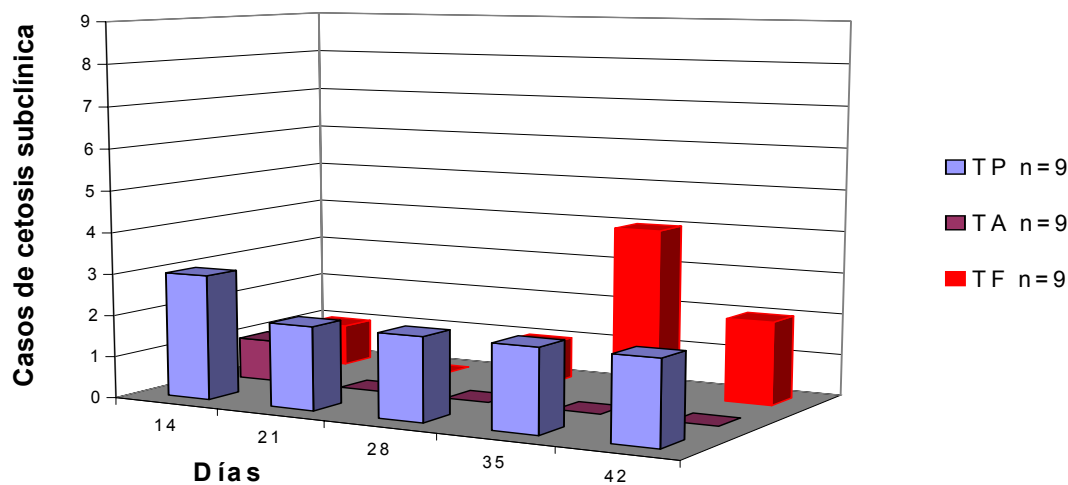


Figura 3. Número de casos de cetosis subclínica, por período de muestreo, de vacas en lactancia a pastoreo (TP) y suplementadas con concentrado amiláceo (TA) y fibroso (TF) durante un período experimental de 42 días.

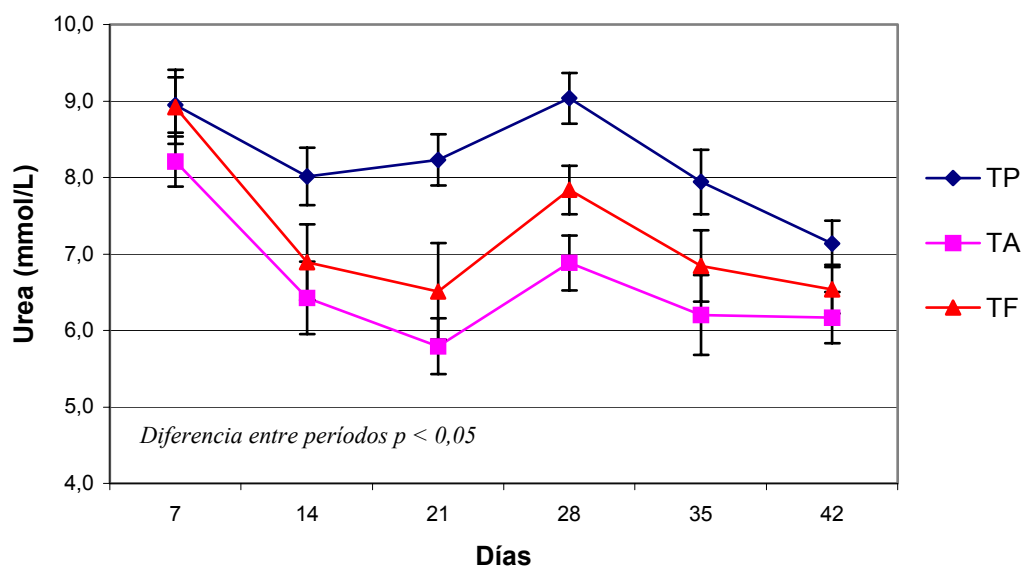


Figura 4. Variación de la concentración de urea plasmática ($x \pm EE$) en vacas en lactancia a pastoreo (TP) y suplementadas con concentrado amiláceo (TA) y fibroso (TF) durante un período experimental de 42 días.

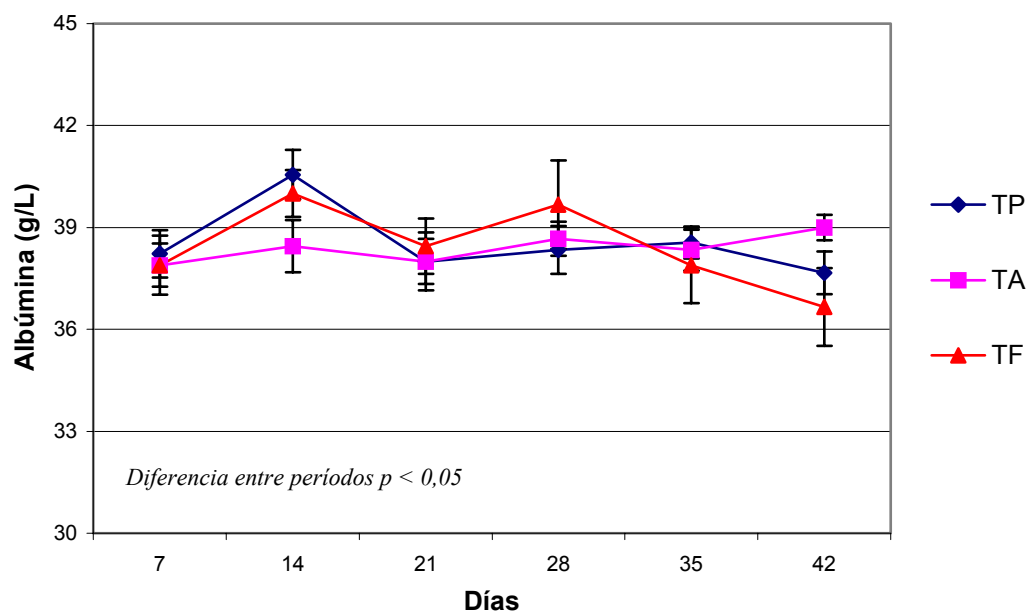


Figura 5. Variación de la concentración de albúmina plasmática ($x \pm EE$) en vacas en lactancia a pastoreo (TP) y suplementadas con concentrado amiláceo (TA) y fibroso (TF) durante un período experimental de 42 días.

6 DISCUSION

Las concentraciones plasmáticas de glucosa en los tres grupos de animales (Cuadro 3 y 4) se mantuvieron siempre dentro de los rangos de referencia para este tipo de animales, las que van de 2,5 a 4,16 mmol/L, indicando que no hubo alteraciones manifiestas en el metabolismo energético durante el período experimental, concordando con autores que señalan que las concentraciones de glucosa plasmática en la mayoría de los animales se mantienen dentro de los rangos con leves variaciones estacionales (Payne 1987).

El grupo de vacas suplementadas con concentrado amiláceo presentó una glicemia mas alta ($p < 0,05$) que los grupos TP y TF, señalando un mayor transporte y por ende disponibilidad de glucosa, lo que indicaría un mejor aprovechamiento de la fuente de energía del concentrado. Esto podría deberse a que al incluir en la dieta suplementaria concentrados que contienen como fuente de energía almidón, como en el grupo TA, aumentaría la concentración de ácido propiónico en el rumen, haciendo que la concentración de glucosa plasmática también aumente (Aguilera 2003) ya que este ácido volátil es el precursor mas importante de glucosa en los bovinos (; Cunningham 1997, Knowlton 1998, Alvarado 1999). Otra razón para explicar lo sucedido radica en el incremento de glucagón que se produce en animales que son suplementados con dietas en base a almidón en respuesta a un incremento en la producción y absorción de propionato en el rumen, resultando en una estimulación de la glicogenolisis y la gluconeogénesis (Knowlton 1998).

La menor concentración de glucosa en los grupos TP y TF pudiera deberse también a una menor capacidad de respuesta metabólica de estos animales para compensar las menores concentraciones de glucosa plasmática producto de su utilización por parte de la glándula mamaria durante este periodo de la lactancia, debido principalmente a una mayor movilización lipídica y una menor utilización de la proteína cruda de la dieta (Galvis 2003). Al respecto, las vacas de alta producción tienen requerimientos específicos de glucosa para la síntesis de lactosa. La glándula mamaria utiliza de un 60 % a un 85 % de la glucosa disponible durante la lactancia y de esto un 50 a un 85 % es utilizado para la síntesis de lactosa (Knowlton 1998).

Las vacas suplementadas con concentrado amiláceo presentaron concentraciones de β -hidroxibutirato inferiores a las de los grupos TP y TF ($p < 0,05$, Tabla 3), con una prevalencia de 2 % de cetosis subclínica posterior al primer muestreo, menor a la obtenida en los tratamientos TP y TF de 24 % y 18 % respectivamente, indicando que la suplementación energética con fuentes de rápida degradación ruminal, como es el caso del grupo TA, favorecen el balance energético del animal en forma más eficiente que fuentes de lenta degradación, como el concentrado fibroso, grupo TF.

El β -hidroxibutirato es uno de los tres cuerpos cetónicos más importantes en los ruminantes junto al ácido acetoacético y la acetona (Kaneko 1997), los que se producen

principalmente en el epitelio ruminal, hígado y glándula mamaria. En el epitelio ruminal el β -hidroxibutirato es producido a partir de butirato, el cual es un ácido graso volátil (AGV) originado de la fermentación de los carbohidratos presentes en el alimento (Piatkowsky 1982).

Los valores sanguíneos promedio para este tipo de animales van entre 0,1 a 0,6 mmol/L (Wittwer 1983), y cabe mencionar que los grupos TP y TF obtuvieron valores plasmáticos promedios por sobre el límite superior de dicho rango, en tanto el grupo TA mantuvo sus promedios bajo dicho valor (Figura 2). La menor concentración de β -hidroxibutirato en el grupo suplementado con concentrado amiláceo se puede explicar por el tipo de carbohidratos que participan en la fermentación ruminal, los que son más glucogénicos, en especial el almidón de cebada, aumentando la proporción molar de propionato en el rumen (Piatkowsky 1982) en perjuicio de butirato y acetoacetato provocando por ende una menor concentración plasmática de β -hidroxibutirato por menor disponibilidad y menor absorción de butirato desde el rumen (Miettinen 1996, Aguilera 2003, Bargo y col. 2003); también es posible agregar que el mejor aporte energético, o la mayor utilización de la energía del concentrado por parte de las vacas suplementadas con concentrado amiláceo, favorecen el balance energético en comparación al grupo suplementado con concentrado fibroso, razón por lo que disminuiría la movilización de reservas corporales (lipólisis) comparativamente y con ello también disminuiría la fuente de formación de butirato. Estudios realizados en vacas de lechería a pastoreo confirman lo anterior al concluir que la suplementación con concentrado en base a fibra provocó a nivel ruminal, la producción de 5,4 % menos de propionato comparado con el grupo suplementado con concentrado en base a almidón, al mismo tiempo que presentaron valores porcentuales mayores de butirato y acetato ruminal (Bargo y col, 2003).

La presencia de concentraciones bajas de cuerpos cetónicos en los fluidos corporales es normal, como también su formación utilizando las reservas de grasa, con la finalidad de cubrir los requerimientos energéticos principalmente originados por la lactancia. Del mismo modo es posible sugerir que los mayores valores de β -hidroxibutirato obtenidos en los grupos TP y TF obedecieron a un mayor requerimiento de energía, que no pudo ser solventado completamente por la producción de AGV en el rumen, hecho que no sucedió en las vacas del grupo TA ya que el concentrado amiláceo, de rápida fermentación ruminal, proporcionó una fuente energética más directa, debido a su carácter glucogénico.

Asociando el metabolismo energético podemos decir que el grupo TA obtuvo los promedios mas elevados de glucosa ($p < 0,05$) y las concentraciones mas bajas de β -hidroxibutirato ($p < 0,05$) comparado con el grupo TP y TF. Esto podría explicarse por la mayor proporción molar de propionato, el principal precursor glucogénico en los bovinos, el cual es producido con mayor afinidad en animales alimentados con dietas que contienen almidón. Al respecto, en un estudio realizado en Finlandia con vacas Ayrshire, en las que mediante infusiones intraruminales de propionato y/o butirato se determinaron los efectos de la relación propionato:butirato ruminal sobre la producción de leche y metabolitos sanguíneos como glucosa. Se estableció que al aumentar la concentración ruminal de butirato disminuía la de propionato y la concentración plasmática de glucosa (Miettinen 1996). De igual forma los resultados concuerdan con los obtenidos en otro estudio, también realizado en Finlandia, que

afirma que el incremento de butirato a nivel ruminal disminuye las concentraciones de glucosa plasmática y de lactosa en la leche, lo que además se debería a un mecanismo que involucra concomitantemente un aumento de la concentración de insulina en sangre con aumento de la lipogénesis y disminución de la lipólisis (Huhtanen 1993), razón por la cual aumentarían los valores plasmáticos de β -hidroxibutirato en los grupos TP y TF.

Como parte de la evaluación del metabolismo proteico de los animales en este experimento podemos decir que los promedios de las concentraciones plasmáticas de urea fueron inferiores en las vacas suplementadas con concentrado amiláceo y fibroso, respecto de las no suplementadas ($p < 0,05$, Cuadro 3), indicando un mejor aprovechamiento del nitrógeno de la pradera por las bacterias ruminales en las vacas suplementadas.

Por otra parte el grupo TF suplementado con concentrado en base a coseta de remolacha presentó el inconveniente que sus carbohidratos estructurales altamente digestibles son de lenta disponibilidad, por lo que se produce una asincronía entre la degradación de la fuente de carbohidratos y la proteína (Strauch 2003), disminuyendo la eficacia de utilización de la proteína de la dieta por los microorganismos ruminales, con el consiguiente aumento en la concentración de amonio ruminal, lo que finalmente se traduce en un aumento de los valores sanguíneos de urea, situación que se observó en este estudio, ya que el grupo suplementado con concentrado en base a coseta de remolacha (TF) presentó concentraciones ($p < 0,05$) de urea plasmática inferiores a los obtenidos por el grupo suplementado con concentrado amiláceo (TA) (Figura 4 y Cuadro 3) durante todo el período experimental, resultando en una mayor eficiencia de utilización de la fuente energética del concentrado.

Cabe mencionar que los rangos de las concentraciones plasmáticas de urea para este tipo de animales van de 2,6 a 7 mmol/L (Wittwer 1983) y de acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, solo el grupo TA, con excepción del primer muestreo, mantuvo concentraciones plasmáticas de urea dentro de los rangos mientras que los grupos TF y TP arrojaron resultados superiores. Esto indicaría que los animales de los grupos TP y TF sobrepasaron la capacidad de los microorganismos ruminales para transformar amonio en proteína microbiana, o bien que la microflora existente fue incapaz de utilizar el amoniaco a la velocidad de su producción, principalmente por un déficit energético de la dieta, esto puede entenderse como una menor capacidad por parte del animal de adaptar el metabolismo ruminal a los requerimientos, basado en una asincronía ruminal de proteínas degradables/energía (Wittwer 1997).

Gran parte de los compuestos nitrogenados de la dieta son convertidos a amoniaco en el rumen por la degradación bacteriana, el cual es luego utilizado para la síntesis proteica, dependiendo de múltiples factores nutricionales (Arias 1999). Las concentraciones plasmáticas de urea son muy sensibles a los cambios en las concentraciones de nitrógeno de la dieta por lo que pueden encontrarse variaciones incluso durante el día (Noro 2004). Las concentraciones promedio de urea plasmática no tuvieron una tendencia clara a modificarse (Figura 4), señalando que la dieta, en general, se mantuvo constante a lo largo del período experimental. La concentración de amoniaco en sangre se mantiene baja debido a que el hígado convierte rápidamente el amoniaco en urea (ciclo de la ornitina), por ello cuando la producción de

amoníaco sobrepasa la capacidad del hígado de transformarlo llega a concentraciones tóxicas (Piatkowsky 1982, Payne 1987, Roseler 1992, Arias 1999, Galvis 2003).

La utilización del amonio producido en el rumen por la degradación proteica, por parte de la microflora va a depender principalmente de la cantidad de energía digestible y carbohidratos disponibles (Blowey y col, 1973). Como el estudio se realizó durante la primavera, con el forraje de la pradera en pleno crecimiento, contenía un elevado porcentaje de proteína degradable, situación en la que aumenta la concentración de urea en los animales a pastoreo (Wittwer y col, 1993).

Para concluir con el análisis de este metabolito podemos decir que la urea es sintetizada en el hígado en cantidades proporcionales a la concentración de amonio producido en el rumen y su concentración sanguínea está en directa relación con el aporte proteico en la ración (Pulido 1999). Por otra parte, se ha establecido una elevada correlación, $r=0,9477$, entre las concentraciones de urea en sangre y en leche, señalándose que los valores de urea en leche representan entre un 83 y 98% los valores de urea en sangre (Arias 1999); por consiguiente, cabe mencionar un estudio realizado con vacas de lechería en donde se encontró que las vacas suplementadas con concentrado en base a almidón presentaron una concentración de urea en leche menor que vacas suplementadas con concentrado fibroso (Delahoy y col, 2003), lo que nos permite inferir, que la suplementación con concentrado amiláceo en vacas a pastoreo permitiría una mejor utilización del nitrógeno de la dieta comparado con una fuente de hidratos de carbono basada en fibra.

El segundo metabolito que nos puede dar información acerca del balance proteico en el animal es la albúmina plasmática, la cual es sintetizada en el hígado a partir de aminoácidos, constituyendo aproximadamente un 50 % de las proteínas plasmáticas, por lo tanto, su concentración refleja la habilidad del animal para sintetizar y almacenar proteínas (Molina, 2000). Es así que varios estudios han asociado bajas concentraciones de albúmina sérica con dietas pobres en proteína (Payne y col 1970, Blowey y col 1973). Sin embargo se debe tener en consideración que producto de su vida media de dos semanas sus modificaciones solo se presentan frente a períodos prolongados de desnutrición proteica. Además, la síntesis de albúmina puede verse alterada por otros factores tales como insuficiencias hepáticas de múltiples etiologías, del mismo modo pérdidas por alteraciones digestivas crónicas (Payne 1987). Es por ello que en algunos estudios no se han observado modificaciones en su concentración frente a modificaciones en la dieta (Mena 2004). La concentración de albúmina plasmática fue similar para los tres grupos de vacas, manteniendo sus valores relativamente constantes durante el período que duró el estudio (Cuadro 3, Figura 5), encontrándose dentro de los rangos de referencia para la especie, que van de 29 a 41 g/L. El leve incremento observado el día 14 del período experimental se pudo deber a un episodio de deshidratación, que en mayor o menor medida afectó a todos los animales provocando una hemoconcentración con aumento relativo de albúmina, causado probablemente por un problema de manejo.

Asociando el metabolismo proteico, cabe destacar principalmente la diferencia en las concentraciones plasmáticas de urea ($p<0,05$) resultante entre el tratamiento sin suplementación (TP) versus los grupos suplementados (TA y TF), aunque entre estos últimos

también se presentaron diferencias significativas, con lo que se puede concluir que la suplementación principalmente tuvo efecto sobre la eficiencia de utilización por parte de los microorganismos ruminales del exceso de proteína aportado por la pradera, durante la primavera bajo las condiciones del estudio. Esto se tradujo en que el grupo de vacas no suplementadas al consumir una dieta con altos niveles de proteína cruda y niveles bajos de carbohidratos fermentables sobrepasó la capacidad de utilización del amoníaco por parte de los microorganismos ruminales; este exceso pasa a la sangre, es transportado hasta el hígado donde se transforma en urea, aumentando la concentración plasmática de este metabolito (Galvis 2003). Las diferencias entre los grupos TA y TF se explican principalmente por la naturaleza de la fuente de energía del concentrado respectivo, lo que influyó en que las vacas suplementadas con concentrado amiláceo obtengan valores inferiores de urea plasmática que las vacas sometidas al tratamiento TF, por el contrario las concentraciones plasmáticas de albúmina no se relacionaron con las concentraciones de urea en sangre, probablemente debido a que no se alcanzó a expresar diferencia alguna por la corta duración del ensayo, ya que esta proteína, principalmente, refleja cambios de alteraciones proteicas crónicas y relativamente severas (Bücher 1998).

6.1 CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se puede establecer que en vacas en lactancia a pastoreo:

1. La suplementación con concentrado energético amiláceo en base a cebada favorece el balance energético disminuyendo el riesgo de presentación de cetosis subclínica, en comparación con la suplementación con concentrado fibroso en base a coqueta.
2. La suplementación con concentrados energéticos amiláceo en mayor medida y fibroso en menor grado, aumentan el aprovechamiento del nitrógeno de la pradera, disminuyendo la concentración de urea plasmática.
3. La suplementación durante un período de 42 días con concentrados energéticos amiláceo o y fibroso no modifican el balance de proteínas medido a través de la concentración plasmática de albúminas.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera P. 2003. Efecto de la suplementación con dos tipos diferentes 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.
- Alcázar J. 1999. Efecto de la suplementación energética posparto sobre la producción y composición leche en vacas lecheras a pastoreo. *Tesis de titulación*, Escuela de Agronomía, Universidad Austral de Chile.
- Alvarado M. 1999. Análisis de las concentraciones sanguíneas de algunas variables indicadoras de estrés por transporte, en bovinos. *Tesis de titulación*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile.
- Arias J, Nesti A. 1999. Importancia de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre en el ganado lechero. *Rev Fac Agron. Universidad de Zulia* 16, 553-561.
- Bargo F, Muller L, Delahoy J, Cassidy T. 2002. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *J Dairy Sci* 85, 1777-1792.
- Bargo F, Muller L, Kolver E, Delahoy J. 2003. Invited Review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J Dairy Sci* 86, 1-42.
- Blowey R, Wood D, Davis J. 1973. A nutritional monitoring system for dairy herds based on blood glucose, urea and albumin levels. *Vet. Rec.* 92: 691-696.
- Bondi A. 1988. Nutrición Animal. Editorial Acribia, Zaragoza.
- Bücher D. 1998. Caracterización del balance metabólico energético y proteico en el período de ordeño de ovejas Latxa Cara Rubia a pastoreo. *Tesis de titulación*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile.
- Cañas R. 1998. Alimentación y nutrición animal. 2ª Ed. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Cerda M. 1999. Efecto de la suplementación con dos tipos de concentrado sobre la respuesta productiva en vacas lecheras en pastoreo primaveral. *Tesis de titulación*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile.

- Contreras P. 1996. Desbalances metabólicos nutricionales más frecuentes en rebaños de pequeños productores de leche, Valdivia, Chile. *Arch Med Vet* 28, 39-50.
- Contreras P. 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 P. A. 2000. Indicadores do metabolismo proteico utilizados nos perfis metabólicos de rebanhos. En: Gonzalez F, J Barcellos, H Ospina, L Ribeiro(eds). *Perfil metabólico em ruminantes*. Pp 23 – 30. Universidade Federal Do Río Grande Do Sul.
- Cunningham J. 1997. Fisiología Veterinaria. 3ª Edición Elsevier, Madrid.
- Daetz R. 2004. Respuesta productiva de vacas lecheras en pastoreo primaveral, suplementadas con concentrados con distintas fuentes de carbohidratos. *Memoria de titulación*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile.
- Delahoy J, Muller L, Bargo F, Cassidy T, Holden L. 2003. Supplemental carbohydrate sources for lactating dairy cows on pasture. *J Dairy Sci* 86, 906-915.
- Duffield T. 2000. Subclinical ketosis in lactating dairy cattle. *Veterinary Clinics North America, Metabolic disorders of Ruminants* 16, 231-251.
- Galvis R, Correa H, Ramirez N. 2003. Interacciones entre el balance nutricional, los indicadores del metabolismo energético y proteico y las concentraciones plasmáticas de Insulina, e IGF-1 en vacas en lactancia temprana. *Rev Colombiana de Ciencias Pecuarias* 16, 237-247.
- Geishauser T, Leslie K, Kelton D, Duffield T. 2001 Monitoring for subclinical ketosis in dairy herds. *Compendium Food Animal* 23, S65-S71.
- González F. 2000. Uso do perfil metabólico para determinar o status nutricional em gado de corte. En: Gonzalez F, J Barcellos, H Ospina, L Ribeiro(eds). *Perfil metabólico em ruminantes*. Pp 31 – 51. Universidade Federal Do Río Grande Do Sul.
- Hewett C. 1974. On the causes and effects of variations in the blood profile of Swedish Dairy Cattle. *Acta Veterinaria Scandinavica, supplementum* 50, 1-152.
- Hodgson J. 1990. Grazing management. Science into Practice. Longman Scientific and Technical. Essex, England. Pp 203.
- Huhtanen P, Miettinen H, Ylinen M. 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.

- Ingraham R, Kappel L. 1988. Metabolic Profile Testing. *Vet. Clin. North Amer. Food Animal Practice* 4, 391-411.
- Kaneko J. 1997. Clinical biochemistry of domestic animals. 5^a ed. Academic Press, San Diego.
- Kido A. 1998. Composición de concentrados basados en almidón y fibra digestible para producción de leche. *Tesis de titulación*, Escuela de Agronomía, Universidad Austral de Chile.
- Knowlton KF. 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 Res* 52, 313-344.
- López O. 1999. Comportamiento estacional de perfiles metabólicos en bovinos de lechería de la región metropolitana. *Tesis de titulación*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Santo Tomás.
- Sommer H. 1985. Control de la salud y del aporte de nutrientes en las vacas lecheras. *Not Med Vet* 1, 13-35.
- Mena H., Huber J, Tarazon M. 2004. The effects of varying gossypol intake from whole cottonseed and cottonseed meal on lactation and blood parameters in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 87, 2506-2518.
- Miettinen H. 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.
- Molina S. 2000. Concentración de las variables sanguíneas del metabolismo proteico y de las inmunoglobulinas G (Ig G) circulantes en vacas lecheras preparto, suplementadas con una pequeña cantidad de afrecho de soya, con y sin minerales trazas quelados. *Tesis de titulación*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile.
- Moraga L. 2000. Enfermedades metabólicas del bovino. *Monografías Med Vet* 20 (1), 68-80.
- Noro M, Borkert J, Vargas V, Hinostroza A, Pulido R, Wittwer F. 2004. Diurnal variations in blood metabolites concentration in lactating dairy cows grazing rye pasture. *XI Congress International Society of Animal Clinical Biochemistry*, Valdivia, Chile.

- Payne J, Sally M, Dew R, Maston M, Faulks M. 1970. The use of a metabolic profile test in dairy herds. *Vet Rec* 87, 150-158.
- Payne J y Payne S. 1987 *The Metabolic Profile Test*. Oxford University Press. New York.
- Piatkowsky B. 1982. El aprovechamiento de los nutrientes en los rumiantes. 1ª ed. Editorial Hemisferio Sur, Argentina.
- Pulido R G, Cerda M, Stehr W. 1999. Efecto del nivel y tipo de concentrado sobre el comportamiento productivo de vacas lecheras en pastoreo primaveral. *Arch Med Vet* 31, 177-187.
- Pulido R G. 2001. Efecto del nivel de producción de leche sobre el comportamiento ingestivo en vacas lecheras en pastoreo primaveral. *Arch Med Vet* 33, 137-144.
- Roseler D, Ferguson J. 1993. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holstein cows. *J Dairy Sci* 76, 525-534.
- Roussel A, Whitney M, Cole D. 1997. Interpreting a bovine serum chemistry profile: part 1. *Vet Rec* 92, 553-566.
- Ruiz I. 1997. Conceptos generales del rol de la pradera en la producción de leche. En: *Serie de Simposios y Compendios Sociedad Chilena de Producción Animal* 5, 13-37.
- Schrick F, Spitzer J, Jenkins T, Henricks D. 1990. Effect of dietary energy restriction on metabolic and endocrine responses during the estrous cycle of the suckled beef cow. *J Anim Sci* 68, 3313-3321.
- Sinclair K, Sinclair L, Robinson J. 2000. Nitrogen metabolism and fertility in cattle: Adaptive changes in intake and metabolism to diets differing in their rate of energy and nitrogen release in the rumen. *J Anim Sc* 78, 2659-2669.
- Strauch M H. 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.
- Wittwer F. 1980. Consideraciones sobre el empleo de los perfiles metabólicos en el ganado lechero. *Arch Med Vet* 12, 180-188.
- Wittwer F. 1983. *Manual de Patología Clínica Veterinaria*. Instituto de Ciencias Clínicas Veterinarias, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile.

- Wittwer, F. 1987. Análisis de los resultados de perfiles metabólicos obtenidos en rebaños lecheros en Chile. *Arch Med Vet* 19, 35-45.
- Wittwer F, Reyes M, Opitz H, Contreras P, Bohmwald H. 1993. Determinación de urea en muestras de leche de rebaños bovinos para el diagnóstico de desbalances nutricionales. *Arch Med Vet* 25, 165-172.
- Wittwer F. 1997. Marcadores bioquímicos en el control de problemas metabólicos nutricionales en lecherías. En: Cox J (ed). *Innovaciones en producción de leche*. II Jornadas de Producción Animal. Facultad de Medicina Veterinaria, departamento de Ciencias Pecuarias. Universidad de Concepción, Chillán.
- Wittwer F. 2000. Diagnóstico dos desequilibrios metabólicos de energía em rebanhos bovinos. En: Gonzalez F, J Barcellos, H Ospina, L Ribeiro(eds). *Perfil metabólico em ruminantes*. Pp 9-22. Universidade Federal Do Río Grande Do Sul.

8. ANEXOS

Anexo 1. Variación semanal de la concentración de glucosa plasmática ($x \pm E.E$ en mmol/L)) de vacas en lactancia a pastoreo (P) y suplementadas con concentrado amiláceo (A) y fibroso (F) en 6 períodos del experimento.

Tratamiento	Período experimental (días)					
	7	14	21	28	35	42
TP	3,2 ± 0,1	3,1 ± 0,1	3,1 ± 0,1	3,1 ± 0,1	3,2 ± 0,1	3,0 ± 0,1
TA	3,56 ± 0,13	3,19 ± 0,12	3,08 ± 0,09	3,30 ± 0,08	3,36 ± 0,15	3,00 ± 0,09
TF	3,27 ± 0,07	3,26 ± 0,05	3,03 ± 0,10	3,14 ± 0,06	2,99 ± 0,04	2,88 ± 0,09

Anexo 2. Variación semanal de la concentración de β -hidroxibutirato plasmático ($x \pm E.E$) en mmol/L en vacas en lactancia a pastoreo (P) y suplementadas con concentrado amiláceo (A) y fibroso (F).

Tratamiento	Período experimental (día)					
	7	14	21	28	35	42
TP	1,06 ± 0,14	0,91 ± 0,08	0,84 ± 0,12	0,83 ± 0,12	0,82 ± 0,14	0,67 ± 0,12
TA	0,72 ± 0,10	0,59 ± 0,09	0,61 ± 0,08	0,52 ± 0,05	0,56 ± 0,07	0,56 ± 0,07
TF	0,95 ± 0,08	0,67 ± 0,08	0,78 ± 0,08	0,81 ± 0,07	0,89 ± 0,10	0,82 ± 0,10

Anexo 3. Variación semanal de la concentración de urea sanguínea ($x \pm E.E$) en mmol/L en vacas en lactancia a pastoreo (P) y suplementadas con concentrado amiláceo (A) y fibroso (F).

Tratamiento	Período experimental (día)					
	7	14	21	28	35	42
TP	8,95 \pm 0,12	8,01 \pm 0,13	8,03 \pm 0,11	9,04 \pm 0,11	7,94 \pm 0,14	7,13 \pm 0,10
TA	8,21 \pm 0,11	6,43 \pm 0,16	5,79 \pm 0,12	6,88 \pm 0,12	6,20 \pm 0,17	6,17 \pm 0,11
TF	8,92 \pm 0,16	6,89 \pm 0,16	6,51 \pm 0,21	7,84 \pm 0,11	6,84 \pm 0,16	6,54 \pm 0,11

Anexo 4. Variación semanal de la concentración de albúmina plasmática ($x \pm E.E$) en mmol/L en vacas en lactancia a pastoreo (P) y suplementadas con concentrado amiláceo (A) y fibroso (F).

Tratamiento	Período experimental (días)					
	7	14	21	28	35	42
TP	38,2 \pm 0,23	40,6 \pm 0,24	38,0 \pm 0,28	38,3 \pm 0,24	38,6 \pm 0,16	37,7 \pm 0,21
TA	37,9 \pm 0,21	38,4 \pm 0,26	38,0 \pm 0,22	38,7 \pm 0,17	38,3 \pm 0,20	39,0 \pm 0,12
TF	37,9 \pm 0,29	40,0 \pm 0,23	38,4 \pm 0,27	39,7 \pm 0,43	37,9 \pm 0,37	36,7 \pm 0,38

9. AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mis sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en este trabajo y permitieron que fuera posible. En especial a:

Dr. Fernando Wittwer.

Dr. Rubén Pulido.

Dra. Mirela Noro.

Sra. Helga Böhmwald.

A mis compañeros Rodolfo Daetz y José Borkert.

A mis amigos Mauricio Borneck, Ana Crespo, Andrea Guerrero y Daniel Aguilera.

A mi pareja Ella Matamala y sus padres León y Miriam.

A mi padre, Víctor Hugo Vargas S.

Por último agradezco a la Comisión de Investigación Científica y Tecnológica de Chile, que a través del fondo de investigación FONDECYT, facilitó los recursos para realizar este trabajo a través del proyecto N° 1030331.