

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS**  
**INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL Y TECNOLOGÍA DE CARNES**

**EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN LA RESPUESTA  
PRODUCTIVA Y DESARROLLO ANATÓMICO DEL RETÍCULORUMEN DE  
TERNEROS CRIADOS ARTIFICIALMENTE**

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

**MIGSAN MARSYL ANTILLANCA AGUAYO**

**VALDIVIA-CHILE**

**2008**

**PROFESOR PATROCINANTE**

---

Dr. Rubén Pulido F.

**PROFESOR COPATROCINANTE**

---

Dr. Enrique Paredes H.

**PROFESOR COLABORADOR**

---

Dr. Manuel Moroni R.

**PROFESORES CALIFICADORES**

---

Dr. Pedro Contreras B.

---

Dr. Marcos Moreira E.

**FECHA DE APROBACIÓN:**

29 de Julio de 2008

## ÍNDICE

Capítulo	Página
<b>1. RESUMEN</b> .....	1
<b>2. SUMMARY</b> .....	2
<b>3. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>4. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	11
<b>5. RESULTADOS</b> .....	18
<b>6. DISCUSIÓN</b> .....	24
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	32
<b>8. ANEXOS</b> .....	40
<b>9. AGRADECIMIENTOS</b> .....	42

## 1 RESUMEN

El propósito de este ensayo fue determinar la respuesta productiva y desarrollo anatómico del retícolorumen en dos grupos de terneros criados artificialmente con dos tratamientos dietarios distintos.

Para ello se utilizaron 24 terneros machos de raza Frisón Negro Chileno de 5 días de edad. Los animales fueron divididos, en forma aleatoria, en 2 grupos con 11 terneros cada uno, estos grupos fueron llamados Control y CPDR, los cuales fueron evaluados a los 21 y 75 días de tratamiento. El grupo Control consistió en alimentación con sustituto lácteo por 75 días, concentrado de iniciación comercial, pellets de alfalfa y agua a discreción. El grupo CPDR consistió en alimentación con sustituto lácteo por 21 días, concentrado promotor del desarrollo ruminal, concentrado de iniciación comercial, pellets de alfalfa y agua a discreción. Todos los animales fueron pesados al inicio, cada una semana y al finalizar el ensayo, para determinar la ganancia diaria de peso (GDP) y eficiencia de conversión alimenticia (ECA). Paralelamente, se evaluó el consumo diario de todos los alimentos. A los 21 y 75 días de ensayo, se tomaron muestras de sangre y orina de cada ternero, determinándose la concentración plasmática de albúmina, urea, glucosa y  $\beta$ -hidroxibutirato. La concentración de fósforo y creatinina fueron determinadas en la orina con el fin de obtener la relación fósforo: creatinina (P:C). Por cada grupo fueron sacrificados: 1 ternero recién nacido, 3 terneros con 21 días de ensayo y 5 terneros con 75 días de ensayo. Esto se realizó con el fin de determinar diferencias en el desarrollo anatómico ruminoreticular mediante el pesaje del estómago, retícolorumen, medición de las papilas ruminales del saco craneal y ventral, y medición de las celdillas del retículo.

Los resultados obtenidos a los 75 días mostraron que el consumo total de MS, PV, GDP, ECA, relación P:C y largo de las papilas ruminales del saco craneal, fueron mayores ( $P < 0,05$ ) en el grupo Control. El consumo de pellets de alfalfa fue mayor ( $P < 0,05$ ) en el grupo CPDR. El resto de los parámetros evaluados no tuvieron diferencias significativas. Con estos resultados se concluye que el tipo de tratamiento dietario sí influye en la respuesta productiva y desarrollo anatómico ruminoreticular en terneros criados artificialmente.

*Palabras clave:* retícolorumen, respuesta productiva, terneros.

## 2 SUMMARY

### **EVALUATION OF TWO FOOD SYSTEMS ON PERFORMANCE AND RETICULORUMEN ANATOMICAL DEVELOPMENT OF ARTIFICIALLY REARED CALVES.**

The aim of this experiment was to evaluate the performance and reticulorumen development in two groups of artificially reared calves with two different dietary treatments

For this purpose, 24 male Chilean Frisón Negro calves of 5 days of age were used. They were randomly separated in 2 groups of 11 individuals each one. These groups were named Control and CPDR and were evaluated at 21 and 75 days of treatment. The Control group was fed with milk replacer for 75 days, commercial starter, alfalfa pellets and water to discretion. The CPDR group was fed with milk replacer for 21 days, promoter of rumen development starter, commercial starter, alfalfa pellets and water to discretion. All the animals were weighed at the start, each week, and at the end of the trial, to determine the average daily gain (ADG) and feed efficiency (FE). At the same time, daily intake of all foods was assessed. Samples of blood and urine of each calf were taken on 21 and 75 days of testing to determinate albumin, urea, glucose and  $\beta$ -hydroxybutyrate plasmatic concentration. The concentration of phosphorus and creatinine was measured in urine in order to obtain the relationship phosphorus:creatinine (P:C). The animales slaughtered in each group were: 1 newborn calf, 3 calves with 21 days of treatment and 5 calves with 75 days of treatment. This was done with the purpose of determining differences in reticulorumen development by weighing the stomach, reticulorumen, measuring papillae of cranial and ventral sacs of the rumen, and measuring the reticulum cells.

The results for 75 days of treatment, showed that the total consumption of DM, BW, ADG, FE, P:C, and the length of ruminal papillae of the cranial sac were higher ( $P < 0.05$ ) in the Control group. The consumption of alfalfa pellets was higher in the group CPDR. The rest of the parameters evaluated did not have significant differences. We conclude that this kind of dietary treatment influences the performance and reticulorumen development in artificially reared calves.

*Keywords:* reticulorumen , performance, calves.

### 3 INTRODUCCIÓN

#### 3.1 CRIANZA ARTIFICIAL

La crianza artificial de terneros es un sistema en el cual el animal es separado de su madre poco después de nacer y la dieta láctea es suministrada por un período corto de tiempo. Durante este período se suministran adicionalmente otros alimentos como heno, concentrados, ensilajes, etc. (Roy 1980). El éxito de la crianza artificial se logra cuando existe ausencia de mortalidad, un buen ritmo de desarrollo y crecimiento, se disminuye el consumo de leche entera y se rebaja el costo de la crianza (Lanuza y col 1992).

Un ternero en crianza artificial debe doblar su peso de nacimiento a los 70-80 días de vida, con aumentos de peso de aproximadamente medio kilogramo diario, con consumos de 1,5 a 2 kilogramos de concentrado al día (Lanuza 2006). Lo anteriormente mencionado, más un buen consumo de heno, ensilaje o pradera, puede hacer que el animal prescindiera de la dieta láctea (leche entera o sustituto lácteo), pudiendo continuar con una dieta en base a concentrados de crecimientos de menores requerimientos nutritivos y forrajes (heno, ensilaje o pradera) hasta los 6 meses de edad, que es cuando presenta condiciones similares a un rumiante adulto y puede comenzar a consumir otros forrajes toscos (González 1992).

Los sustitutos lácteos comerciales permiten un rendimiento cercano o igual al que se obtiene con leche entera cuando éstos son bien fabricados y contienen los nutrientes adecuados, pero a su vez, son más económicos porque en su formulación utilizan nutrientes alternativos como grasa y proteína vegetal para abaratar costos. La cantidad a suministrar es variable dependiendo del sistema de crianza artificial. En general, mientras mayor sea el consumo de dieta láctea (el ternero satisface su apetito), hay una menor probabilidad de consumir otros alimentos (Lanuza 2006).

En la dieta, el agua es esencial para que haya un medio acuoso dentro del rumen donde los microorganismos puedan realizar la fermentación de los concentrados y el forraje, así estimular tempranamente el desarrollo ruminal debido a que existe una estrecha relación entre consumo de agua y concentrado (Lanuza 2006).

Los concentrados iniciales son dietas sólidas, suministradas de una manera determinada y que tienen una concentración de proteína, energía, vitaminas y minerales mucho mayor que el porcentaje normal de otros alimentos usados comúnmente.

El consumo de fibra produce un incremento notable del tamaño del rumen como resultado de una dilatación de los tejidos y un aumento en el grosor del músculo de las paredes ruminales (Hamada y col 1976), activa el proceso de la rumia y la salivación (Lanuza 2006), lo que permite mantener un medio líquido en el rumen y favorecer la actividad microbiana. El consumo de forraje permite también disminuir el “chupaje” entre terneros

(Haley y col 1998) y su efecto abrasivo disminuiría la queratinización de las papilas dado por el consumo de concentrado finamente molido (Greenwood y col 1997). Por otro lado, muchos autores recomiendan suministrar forraje hasta después del destete (Bacha 1999).

### **3.2 ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DIGESTIVA**

El estómago de los rumiantes se ubica al lado izquierdo de la cavidad abdominal, ocupa casi las tres cuartas partes de ésta y está formado por cuatro compartimentos: el rumen, retículo, omaso y abomaso. Los tres primeros son los llamados preestómagos y no tienen una membrana glandular que proteja su epitelio escamoso, mientras que el abomaso si tiene una mucosa glandular (Habel 2003). Estas cuatro cavidades tienen una capacidad por sobre los 60 litros. En un animal adulto, el rumen representa el 80% del estómago, el retículo un 5%, el omaso un 8% y el abomaso un 7% (Dyce y col 1999).

El rumen es una gran cavidad muscular que se extiende desde el diafragma hasta la pelvis. Interiormente está dividido en compartimentos por pilares musculares que por el exterior se ven como surcos (Frandsen 1995). Estas cavidades son cinco y corresponden al saco craneal, saco dorsal, saco ciego dorsal, saco ventral y saco ciego ventral. En su interior el rumen está revestido por papilas, éstas son planas, tienen forma de lengua y las más largas miden aproximadamente 1 cm de largo (Habel 2003). Las papilas son órganos de absorción y sus características varían con la dieta, edad y localización, así, en el saco craneal y los sacos ciegos son de mayores tamaños y más abundantes, pero son menos numerosas y destacadas en el saco ventral y menos desarrolladas aún en el centro del saco dorsal (Dyce y col 1999).

El retículo es la cavidad más craneal y pequeña de los cuatro compartimentos. Su mucosa presenta pliegues de aproximadamente 1 cm de altura que incluyen cuatro, cinco o seis celdillas que están subdivididas por pequeños pliegues y provistas de papilas corneas que al igual que las papilas ruminales son órganos de absorción. La musculatura lisa de la pared ruminoreticular está dispuesta en dos capas que se continúan con la musculatura estriada del esófago (Dyce y col 1999), la que está lo suficientemente desarrollada para realizar un patrón de contracciones que le permite mezclar el alimento, separarlo por densidades y transportarlo hacia el omaso. Estas contracciones también son responsables de producir el eructo, función muy importante ya que en la fermentación ruminal se producen diferentes gases con un volumen cercano a 30-50 litros/hora.

El omaso tiene una forma ovoide con un gran eje central. Su interior está ocupado por unas cien laminillas con forma de media luna que ocupan casi totalmente la cavidad y se insertan paralelamente al eje del órgano. El alimento proveniente del rumen pasa rápidamente a través del omaso, el material sólido es captado y retenido por unas papilas cortas y achatadas que cubren las laminillas. Este contenido sólido posteriormente es impulsado mediante sus contracciones hacia el abomaso.

Entre el cardias y el omaso, por sobre la pared del retículo, existe un pliegue muscular en forma de tubo, que se extiende en forma descendente (Orskov 1992), este pliegue es

llamado surco ruminoreticular o gotera esofágica, que tiene la función de desviar el flujo de la leche ingerida, sobrepasando el estómago anterior, hacia el interior del abomaso (Cunningham 1999), esto permite que la leche llegue al abomaso sin perder sus características nutricionales, lo que asegura una mejor utilización por parte del ternero (Silva 1997). El cierre de los pliegues está dado por el estímulo del amamantamiento, por lo tanto, la gotera esofágica es menos funcional en los rumiantes adultos que en los animales que aún están amamantando, a no ser que el estímulo se haya prolongado a la edad adulta. Este cierre está dado por un mecanismo reflejo que involucra una serie de acciones coordinadas entre el cardias, el canal reticular y los orificios retículo-omasal y abomasal. El reflejo condicionado es el estímulo de cierre más justificable, tanto en los terneros al pie de la madre como en los entrenados para beber desde un balde o mamadera (Pochón 2002).

El abomaso es la primera porción glandular del aparato digestivo de los rumiantes (Frandsen 1995). Es un saco alargado que se haya en su mayor parte sobre el suelo del abdomen. Su función principal es la producción de los jugos gástricos para la digestión proteica.

### **3.3 FUNCIÓN DEL RETÍCULORUMEN**

Cuando los terneros nacen, el rumen es estéril, no hay bacterias presentes. Al primer o segundo día de edad, empiezan a encontrarse bacterias, principalmente aerobias. Luego el número y tipo de bacterias va cambiando, a medida que el consumo de alimento seco aumenta y empieza a haber un sustrato disponible para la fermentación.

Cuando existe un constante suministro de alimentos y agua, se crea un medio favorable para la continua y óptima actividad microbiana, con la temperatura en los 39° C y el pH con poca variación (6,9 a 7,4), el ambiente es adecuado para mantener una considerable y diversa población microbiana anaeróbica, en el cual, las bacterias desempeñan el papel principal en el metabolismo del rumen por el gran número en que se encuentran y por el completo sinergismo que desarrollan entre ellas y con el animal hospedero (Garzón 2007).

Todo el alimento sólido consumido es expuesto al proceso de fermentación bacteriana antes de alcanzar el abomaso. El principal resultado de esto es un cambio en el tipo de energía y proteína disponible para los terneros, ya que la principal fuente de energía empiezan a ser los productos finales de la fermentación de los carbohidratos, los ácidos grasos volátiles (AGV) y la proteína microbiana (Bavera 2005).

El desarrollo del retículo rumen es provocado por la producción de AGV resultantes de la fermentación de los alimentos sólidos en estos compartimentos (Flatt y col 1958). Los AGV son el acetato, el propionato y el butirato, donde los dos últimos, principalmente el butirato, estimulan el desarrollo de la mucosa del retículo rumen debido a que en su mayoría es utilizado como fuente de energía por sus células epiteliales (Sander y col 1959, Tamate y col 1962), por lo tanto, la ingestión de alimento sólido es necesario para la estimulación del desarrollo ruminal en el ternero lactante.



Los AGV se absorben pasivamente en forma no disociada y activamente en forma disociada. El acético atraviesa la pared ruminal rápidamente sin sufrir ningún cambio y es utilizado por el organismo como aporte de energía. El ácido propiónico es convertido en ácido láctico y succínico para que éste entre directamente al ciclo de Krebs para obtener energía o bien utilizarse como precursor de glucosa. El ácido butírico es metabolizado en la pared ruminal y convertido a  $\beta$ -hidroxibutirato (Booth y McDonald 1988).

Aquellos alimentos que proveen carbohidratos no estructurales son la mejor alternativa para asegurar un pronto desarrollo del rumen ya que son fermentados principalmente a propionato y butirato. Por otro lado los carbohidratos estructurales de los forrajes preferentemente son fermentados hacia acetato, el cual es menos estimulante para el desarrollo de la mucosa, pero la fibra es necesaria por su contribución a mantener el pH ruminal.

En el ternero neonato, la capacidad de absorber o metabolizar AGV es prácticamente nula, por ello, el retículorumen debe desarrollar esta habilidad antes del destete.

### **3.4 DESARROLLO RUMINAL**

Al nacer, los terneros son prerrumiantes porque si bien, cuentan con los preestómagos, estos no son funcionales, su contenido es estéril y la digestión de los alimentos es solamente enzimática efectuada en el abomaso que si es funcional (Bavera 2005). Después del nacimiento las porciones anteriores del aparato digestivo deben desarrollarse hasta lograr las dimensiones y proporciones que tendrán en su vida adulta, lo que produce una serie de cambios anatómicos y fisiológicos de todos los divertículos gástricos (Bacha 1999).

Anatómicamente el rumen se desarrolla a partir de la porción no secretora del estómago (Church 1979) y en conjunto con el retículo, representan la mitad de la capacidad del abomaso. Durante este período el omaso aparece como contraído y desprovisto de funcionamiento. El aparato digestivo de los rumiantes recién nacidos, funciona muy parecido al de los no rumiantes, debido a que el rumen tiene un desarrollo muy rudimentario, pero su capacidad frente al abomaso aumenta 20 veces desde el nacimiento hasta aproximadamente las 6 semanas de vida (Bacha 1999).

La edad en que se produce el cambio de la digestión no rumiante a la forma rumiante depende estrechamente de la dieta utilizada. Cuanto mayor sea el período en que el animal recibe un gran aporte de leche, menos urgencia sentirá de suplantar su dieta con otros alimentos (Roy 1974), por lo tanto, la cantidad, calidad y tiempo de suministro de dieta líquida regulan el consumo de alimento sólido y los cambios funcionales de los compartimentos del estómago.

El suministro de dietas líquidas en cantidades restringidas favorecería el temprano consumo de alimento sólido, como así también el desarrollo temprano del retículorumen (Plaza y Hernández 1994).

### **3.5 EFECTOS DE LA ALIMENTACIÓN SOBRE EL DESARROLLO DEL RETÍCULORUMEN**

Los requerimientos nutritivos del ternero están influenciados por la tasa de crecimiento, tamaño corporal y edad, entre otros. La alimentación en crianza artificial está dada principalmente por el consumo de sustituto lácteo, calostro acidificado y/o concentrados. Factores tales como, calidad, cantidad y forma física de la dieta, determinan el desarrollo y diferenciación de los compartimentos del aparato digestivo. Las dietas en base a concentrados son suministradas debido a que la ingestión de materia seca y la producción de ácidos grasos volátiles es mayor que en las dietas basadas únicamente en fibra (Suárez y col 2007), sin embargo, los concentrados pueden causar una rápida acumulación de productos finales de la fermentación produciendo en el rumen una disminución del pH (Beharka y col 1998), disminución de la motilidad (Nocek 1997, Owens y col 1998) y sobre crecimiento y queratinización de las papilas ruminales que como consecuencia producirá una disminución en la absorción de AGV (Hinders y Owen 1965).

Por otro lado, el consumo de forraje estimula el desarrollo muscular de la pared ruminal (Tamate y col 1962) y promueve la rumia (Hodgson 1971). Se ha informado que las características físicas presentes en los forrajes, como la tosquedad, volumen, y abrasividad son necesarias para mantener la integridad y salubridad de la mucosa y pared del rumen (Haskins y col 1969), por lo que se postula que la adición de fibra en las dietas basadas en concentrados reduce la presentación de hiperqueratosis de la mucosa, las que son observadas en terneros alimentados sólo con concentrados (Suárez y col 2006 a y b) y que además, estimula el desarrollo de la capa muscular del rumen, sin generar efectos negativos en el rendimiento productivo de los terneros (Suárez y col 2007).

### **3.6 INDICADORES DEL DESARROLLO RUMINAL Y ESTADO NUTRICIONAL.**

Hay muchas formas, unas mas cuantitativas que otra, de medir el desarrollo ruminal. Esto lo podemos hacer observando la conformación externa del ternero, su peso vivo y la ganancia diaria de peso. También es indicador el consumo de alimento sólido y el aumento diario de este consumo. Sin embargo, se han planteado algunas técnicas rápidas y no invasivas como indicadores del desarrollo ruminal de forma mas objetiva y temprana.

Los perfiles metabólicos sanguíneos son utilizados con el fin de realizar evaluaciones de las dietas, y así, optimizar la producción, reduciendo los efectos de alteraciones nutricionales y metabólicas (Campos y col 2005). Al efectuar estos análisis, se está midiendo el aprovechamiento real del alimento por parte del animal, ya que se valora en la última etapa de su asimilación, luego de haber sufrido diversas modificaciones en su digestibilidad, a través de efectos asociativos, competencia en absorción, velocidad de tránsito intestinal, etc. (Bacha 2000). Las concentraciones de metabolitos sanguíneos representan un índice integrado de la adecuada suplencia de nutrientes con relación a la utilización de los mismos, la cual es independiente del estado fisiológico y permite una indicación inmediata del estado nutricional puntual en el tiempo (Razz y Clavero 2004).

Uno de los indicadores más promisorios es el nivel de urea en sangre, el cual refleja el balance entre la proteína degradable y la energía fermentable en el rumen (Hammond 1997). Altas concentraciones de urea en sangre son un indicativo de incremento en la ureogénesis, como resultado de la oxidación de aminoácidos en exceso de aquellos requeridos para la síntesis proteica o a la detoxificación del amonio absorbido (Lobley y col 2000). Cuando el consumo de proteína degradable es alto, o el consumo de carbohidratos degradables es bajo, el nivel de amonio en el rumen aumenta y sobrepasa la cantidad que pueden utilizar las bacterias; cuando existe exceso de amonio, éste pasa al hígado a través de la sangre, donde es transformado y eliminado, y trae como consecuencia un incremento de los niveles de urea en la sangre (Arias y Nesti de Alonso 1999). Por otro lado, ha sido planteado por Hayashi y col (2006) que el reciclaje de urea aumenta con el desarrollo ruminal.

En cuanto a la glucosa, ésta puede ser utilizada como fuente de energía para las células, como unidades de edificación de la galactosa y subsecuentemente lactosa, o como fuente de glicerol, necesario para la síntesis de grasa. Independientemente del nivel de alimentación, la glicemia no presenta grandes variaciones debido a que está bajo estricta regulación hormonal, por otro lado, la glucosa no es tan sensible a los cambios en el balance energético como pueden ser otros indicadores (Whitaker y Kelly 1994).

La albúmina es una proteína sintetizada en el hígado, la disminución en su concentración plasmática refleja condiciones de insuficiencia hepática o un pobre suministro de aminoácidos en la dieta, sin embargo, en algunos estudios no se han observado cambios en su concentración frente a modificaciones en la dieta (Mena y col 2004). Esto se debería a que la vida media de la albúmina es de dos semanas, por lo tanto, se debería esperar un tiempo más prolongado para observar modificaciones en su concentración plasmática con una nueva dieta a evaluar (Kaneko y col 1997). La albúmina puede usarse como indicador del estado nutricional, sobre todo si se complementa con mediciones del peso corporal y con cambios en la ingesta de nutrientes (Kaneko y col 1997, Thomas 2000).

Quigley y col (1991 a) y Quigley (1996) han demostrado que en terneros jóvenes, el epitelio ruminal tiene la capacidad de absorber y metabolizar AGV desde una temprana edad. En consecuencia, el aumento de las concentraciones de AGV en el rumen se asocia a altas concentraciones plasmáticas de  $\beta$ -hidroxibutirato (BHB). El BHB es un cuerpo cetónico que en el plasma de los animales aumenta cuando existe deficiencia de energía por movilización masiva de grasas. Antes del destete, las fuentes de energía y proteína se derivan principalmente de la absorción intestinal de la leche. Después del destete, la energía se deriva principalmente de la fermentación ruminal y posterior absorción de AGV (Quigley y col 1992 a). La concentración de BHB en el plasma es una medida de la actividad metabólica del epitelio ruminal e indica la conversión del butirato ruminal en BHB a medida que atraviesa la pared del rumen. Un estudio realizado por Quigley y col (1991 a) informaron que altas concentraciones de cetonas en sangre periférica, se correlaciona con el consumo de alimento seco en terneros jóvenes. Como resultado de ello, el BHB ha sido ampliamente utilizado como indicador de un rápido desarrollo ruminal en la crianza de terneros (Quigley y col 1991 a, Quigley y Bernard 1992).

Por otra parte, Van Vuuren y col (2004) establecen que la relación fósforo:creatinina (P:C) podría ser un predictor del desarrollo ruminal y que estaría negativamente relacionado con éste. Esto se fundamenta en la base de que los rumiantes adultos, debido a la actividad ruminal, excretan normalmente cantidades pequeñas de fósforo en la orina y una cantidad mayor por las heces.

En un estudio hecho por Suárez y col (2006 b) fueron aplicadas estas técnicas como indicadores del desarrollo ruminal, en el cual, los resultados avalan lo anterior, o sea, hubo una correlación positiva entre la concentración plasmática de BHB y desarrollo ruminal, y una correlación negativa con la relación P:C en orina.

### **3.7 VENTAJAS DEL DESTETE TEMPRANO**

A medida que ha ido en aumento la demanda de leche bovina, la cantidad de leche destinada a la crianza de terneros se ha reducido, lo que ha motivado el desarrollo de diversos sistemas de crianza artificial. Se ha planteado por Eichholz (1975) que el consumo de leche por parte del ternero puede ser limitado sin que el desarrollo final del animal se vea afectado, logrando de esta manera una economía en la crianza y una mayor disponibilidad de leche para el consumo humano. Por otro lado, el realizar destete temprano, libera a las madres de los requerimientos de lactancia pudiendo mejorar su repuesta reproductiva.

El destete temprano se puede llevar a cabo utilizando técnicas de destete precoz, entre 60 y 90 días de edad, o destete hiperprecoz entre los 25 y 40 días de edad.

Actualmente ha aumentado el uso de la técnica de destete hiperprecoz debido a que tendría mayores ventajas que el destete precoz. Esta técnica de destete se basa en sistemas de alimentación que utilizan concentrados promotores del desarrollo ruminal cuyo objetivo es lograr un desarrollo total del rumen en un período corto de tiempo pudiendo prescindir totalmente de la dieta láctea, además, estos alimentos aseguran mayores ganancias de peso y menor incidencia de enfermedades.

Los concentrados promotores del desarrollo ruminal son fabricados mediante un proceso de extrusión, durante el cual, el alimento está sujeto a una sucesión de tratamientos casi instantáneos a nivel de sus constituyentes moleculares, siendo uno de los principales efectos, por acción de la cocción, la gelatinización, la cual es el principal factor que mejora notablemente la digestibilidad (Bavera 2005). Estos concentrados proveen niveles correctos de minerales y vitaminas, poseen mayores porcentajes de materia seca, extracto etéreo y proteína de la mejor calidad en comparación a otros concentrados, además contienen aditivos de acción específica para el desarrollo de la mucosa del rumen (Bavera 2005).

### 3.8 HIPÓTESIS

**H1:** El concentrado CPDR utilizado en la crianza artificial de terneros con destete hiperprecoz (21 días), permite obtener mayor ganancia de peso, eficiencia de conversión alimenticia y consumo de alimento que terneros destetados precozmente (75 días).

**H2:** El concentrado CPDR utilizado en la crianza artificial de terneros con destete hiperprecoz (21 días), produce mayores concentraciones plasmáticas de  $\beta$ -hidroxibutirato, glucosa, albúmina y urea que terneros destetados precozmente (75 días).

**H3:** El concentrado CPDR utilizado en la crianza artificial de terneros con destete hiperprecoz (21 días), produce una menor relación fósforo: creatinina urinaria que terneros destetados precozmente (75 días).

**H4:** El concentrado CPDR utilizado en la crianza artificial de terneros con destete hiperprecoz (21 días), permite mayor peso del estómago, peso de retículorumen, largo de las papilas ruminales y celdillas del retículo que terneros destetados precozmente (75 días).

### 3.9 OBJETIVOS

#### 3.9.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de dos sistemas de alimentación sobre la respuesta productiva y desarrollo ruminoreticular en dos grupos de terneros criados artificialmente.

#### 3.9.2 Objetivos específicos

- Determinar y comparar: pesos vivo, ganancias de peso vivo, consumo de alimento y eficiencia de conversión alimenticia en dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes tratamientos dietarios.
- Determinar y comparar concentraciones plasmáticas de  $\beta$ -hidroxibutirato, glucosa, albúmina y urea en dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes tratamientos dietarios.
- Determinar y comparar la relación fósforo: creatinina urinaria en dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes tratamientos dietarios.
- Comparar el peso del estómago y retículo-rumen, largo de las papilas ruminales y celdillas del retículo en dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes tratamientos dietarios.

## 4 MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

#### 4.1.1 Ubicación del predio y duración del ensayo:

El ensayo se llevó a cabo en el Predio “Santa Rosa”, a cargo del Centro Experimental de Predios Agrícolas (CEPA) de la Universidad Austral de Chile (UACH), ubicado a 12 Km. al noreste de la ciudad de Valdivia, Décima región, Chile. La duración del ensayo fue de 7 meses a partir del 2 de junio del 2007, teniendo como tiempo experimental un máximo de 75 días por ternero.

#### 4.1.2 Animales y registro:

Se utilizaron 24 terneros machos de raza Frisón Negro Chileno que provinieron de los predios de Santa Rosa y Vista Alegre de la Universidad Austral de Chile.

Al inicio del ensayo, los terneros pesaron en promedio  $42,1 \pm 3,38$  kg. Estos fueron identificados individualmente con autocrotales plásticos con el número correspondiente al predio de origen. Cada animal tuvo una ficha que contenía los siguientes datos: fecha de nacimiento, fecha en que inició el ensayo, cantidad del consumo diario de concentrado, sustituto lácteo, pellets de alfalfa y registro del peso vivo semanal.

#### 4.1.3 Ambiente

Los terneros se mantuvieron en estabulación permanente en jaulas individuales de aproximadamente 120x70 cm de largo y ancho respectivamente, con cama caliente sobre tierra. Estas jaulas se encontraban dentro de un galpón techado, cerrado, con luz y ventilación adecuada con temperatura de 12°C en promedio durante el período. Las jaulas estuvieron provistas de comederos para el concentrado y el pellets de alfalfa, así como también de bebederos para el suministro de sustituto lácteo y agua.

#### 4.1.4 Alimentación

La alimentación consistió en suministrar como dieta líquida: calostro, sustituto lácteo y agua a discreción, y como dieta sólida: concentrado inicial (CI) y/o concentrado promotor del desarrollo ruminal (CPDR) y alfalfa en forma de pellets.

#### 4.1.5 Equipo para pesaje de terneros

Para el pasaje se utilizó una romana digital con una jaula de madera sobre ésta para la sujeción del ternero.

#### 4.1.6 Material para toma de muestras

**4.1.6.1** Muestras de orina. Se utilizó un recipiente plástico de boca ancha de 400 ml. Por cada animal se usaron jeringas de 10 ml, frascos con capacidad de 30 ml, estériles y rotulados.

**4.1.6.2** Muestras de sangre. Se utilizaron por cada animal jeringas de 5 ml y para su conservación tubos sin anticoagulantes para el test de turbidez, y con heparina para el perfil metabólico, estos se rotularon con el número del animal correspondiente.

**4.1.6.3** Muestras de alimento. Se utilizaron bolsas plásticas para mantención de muestras de aproximadamente 500 g de cada alimento utilizado en el ensayo.

## 4.2. MÉTODOS

### 4.2.1 Agrupación de animales y esquema del ensayo

El ensayo contó con 24 terneros, 2 de ellos fueron sacrificados con 1 día de ensayo. Los terneros restantes se asignaron individualmente a uno de dos grupos de acuerdo a como iban ingresando al ensayo, quedando cada grupo con 11 individuos cada uno. El grupo que consumió concentrado inicial se denominó grupo Control y el que consumió concentrado promotor del desarrollo ruminal se denominó grupo CPDR.

No todos los terneros terminaron el ensayo a los 75 días de tratamiento debido a que 6 terneros, 3 por cada grupo, fueron sacrificados con 21 días de tratamiento. De los terneros restantes que continuaron en ensayo, otros 10 terneros, 5 por cada grupo, fueron sacrificados con 75 días de tratamiento. En el siguiente cuadro se presenta el esquema del ensayo:

**Cuadro 1.** Esquema del ensayo con todos los animales participantes.

Días de tratamiento	Control	CPDR
N° terneros en ensayo		
1 día	1	1
21 días	3	3
75 días	8	8
N° terneros sacrificados		
1 día	1	1
21 días	3	3
75 días	5	5

Como se puede observar en el cuadro 1, por cada grupo, 9 animales fueron sacrificados quedando 3 vivos a fin de poder realizar un posterior seguimiento.

### 4.2.2 Estrategia de alimentación

Se consideró un período pre experimental de adaptación de 5 días en que los terneros consumieron sólo 4 litros diarios de calostro. Posteriormente, los terneros comenzaron con su tratamiento dietario según el grupo al que pertenecían. El esquema de tratamiento para cada grupo fue el siguiente:

**4.2.2.1 Grupo Control.** Para este grupo se realizó un patrón de crianza artificial tradicional con destete precoz, a los 75 días de ensayo: Desde el inicio del ensayo hasta la finalización de éste, la alimentación consistió en 4 litros diarios de sustituto lácteo, dos en la mañana (08:00) y dos en la tarde (16:00). Posterior al sustituto lácteo, se suministró concentrado CI en cantidades crecientes. El pellet de alfalfa se suministró a partir de la cuarta semana, a discreción, al igual que el agua de bebida. En el cuadro 2 se detalla el esquema del tratamiento dietario para el grupo Control:

**Cuadro 2.** Esquema dietario para el grupo Control, cantidades diarias ofrecidas en cada semana de ensayo.

Alimento	Semanas					
	1°	2°	3°	4°	5°	6°
Sustituto Lácteo (L/día)	4	4	4	4	4	4
CI (grs/día)	200	400	800	1000	1000	2000
Alfalfa (grs/día)	-	-	-	* A. l.	A. l.	A. l.
Agua (L/día)	A. l.	A. l.	A. l.	A. l.	A. l.	A. l.

\*A.l.: Ad libitum

Desde la 6° semana los terneros continuaron con la misma dieta hasta cumplir los 75 días de ensayo (10,7 semanas).

**4.2.2.2 Grupo CPDR.** Para este grupo se realizó un patrón de crianza artificial basado en un destete hiperprecoz (21 días) de acuerdo al esquema especificado por el fabricante del concentrado CPDR: Éste consistió en aportar 4 litros diarios de sustituto lácteo el que se administró en raciones de 2 litros en la mañana y 2 litros en la tarde por 3 semanas y los horarios de alimentación fueron los mismos que para el grupo Control. El Concentrado promotor del desarrollo ruminal se suministró desde el primer día de tratamiento y aumentó semanalmente su cantidad ofrecida hasta las 6 semanas de ensayo y posteriormente fue suspendido. En la cuarta semana de ensayo comenzó el suministro de pellets de alfalfa a discreción. En la quinta semana se inició la alimentación con concentrado de iniciación comercial hasta cumplir 75 días de ensayo. El agua de bebida se suministró a discreción. En el cuadro 3 se detalla el esquema para el programa alimenticio del grupo CPDR:



**Cuadro 3.** Esquema dietario para el grupo CPDR, cantidades diarias ofrecidas en cada semana de ensayo.

Alimento	Semanas						
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
Sust. Lácteo (L/d)	4	4	4	-	-	-	-
CPDR (grs/d)	200	400	800	1000	1000	500	
CI (grs/d)	-	-	-	-	500	1000	2000
Alfalfa (grs/d)	-	-	-	* A.l.	A.l.	A.l.	A.l.
Agua (L/día)	A.l.	A.l.	A.l.	A.l.	A.l.	A.l.	A.l.

\*A.l.: Ad libitum

Desde la 7° semana los terneros continuaron con la misma dieta hasta cumplir los 75 días de ensayo. Cuando los terneros de ambos grupos iban finalizando su tratamiento, eran llevados a jaulas colectivas.

#### **4.2.3 Toma de muestras y análisis**

**4.2.3.1.1** Sangre. A todos los terneros, entre los 5 y 10 días de edad, se les tomó muestras de sangre para realizar test de turbidez con el fin de determinar el estado inmune de cada uno y en base a esto aprobar o no su participación en el ensayo. Estas muestras se trasvasijaron a tubos sin anticoagulantes, correctamente rotulados con el número del animal correspondiente, para la obtención de suero. Una vez tomadas las muestras, éstas se entregaron inmediatamente al laboratorio del Hospital Veterinario de la Universidad Austral del Chile donde se congelaron a -25°C hasta su posterior análisis

**4.2.3.1.2** Sangre a los 21 y 75 días de ensayo. Se tomaron muestras de sangre a los 21 y 75 días de ensayo para determinar las concentraciones plasmáticas de albúmina, urea, glucosa y β-hidroxibutirato (BHB). Todas las muestras de sangre fueron extraídas de la vena yugular y vaciadas a tubos con heparina. Los muestreos se realizaron siempre a la misma hora (14:15 h.). Una vez tomadas las muestras, éstas se entregaron inmediatamente al laboratorio del Hospital Veterinario de la Universidad Austral del Chile, donde se centrifugaron a 2000 rpm/10 min para obtener el plasma de cada muestra que inmediatamente era congelado a -25°C hasta su posterior análisis. Los métodos utilizados para los análisis son los siguientes:

**Cuadro 4.** Métodos y equipo utilizados para analizar las muestras de plasma para cada uno de los metabolitos medidos en este ensayo.

<b>Metabolito</b>	<b>Método</b>	<b>Equipo</b>
Albúmina	BCG. Método fotométrico-colorimétrico. 500 nm. Ref. 10560. Human.	Auto analizador Cobas Mira Plus, Roche.
Urea	GLDH. Método completamente enzimático para determinaciones cinéticas de urea. Ref. 10521. Human.	Auto analizador Cobas Mira Plus, Roche.
Glucosa	Método GOD-PAP enzimático, colorimétrico, 500 nm. Ref. 10560. Human.	Auto analizador Cobas Mira Plus, Roche.
BHB	Método enzimático con enzima 3-HBDH dependiente, UV, 340 nm (FAO-OIEA)	Espectrofotocolorímetro Hitachi 4020

**4.2.3.2** Evaluación anatómica del retículo-rumen. Los terneros seleccionados para la evaluación anatómica fueron llevados al pabellón de necropsia del instituto de Patología Animal de la Universidad Austral de Chile, donde fueron sacrificados. Se les realizó una inspección general y se procedió a la remoción del estómago (abomaso, omaso, rumen y retículo) mediante ligaduras en cardias y píloro.

**4.2.3.3** Orina. Se tomaron muestras de orina de todos los ternero a los 21 y 75 días de ensayo para medir concentraciones de creatinina y fósforo. Las muestras de orina se obtuvieron mediante masaje prepusial y se recolectó en un recipiente de 400 ml, luego con un jeringa de 10 ml, se trasvasijaron 9 ml de orina a un frasco que contenía 1 ml de ácido sulfúrico al 10%. Estas muestras fueron posteriormente congeladas a -20° C hasta su posterior análisis en el laboratorio del Hospital Veterinario de la Universidad Austral de Chile. Para el análisis se realizó una dilución de la orina de 1:50 con agua destilada. Los métodos utilizados se presentan en el cuadro 5:

**Cuadro 5.** Métodos y equipo utilizados para analizar las muestras de orina para cada uno de los metabolitos medidos en este ensayo.

<b>Metabolito</b>	<b>Método</b>	<b>Equipo</b>
Fósforo	Molibdato fotométrico, UV, 340 nm. Ref. 10027. Human.	Autoanalizador Metrolab 2300 plus, Wiener lab.
Creatinina	Reacción de Jaffé. Método colorimétrico, cinético. 500 nm. Ref.10051. Human.	Autoanalizador Metrolab 2300 plus, Wiener lab.

De las muestras de orina de cada animal, se obtuvo la concentración molar de fósforo y creatinina (mmol/L) con el fin de poder obtener la relación fósforo: creatinina como indicador

del desarrollo ruminal descrita por Van Vuuren y col (2004), el cual establece que esta relación es indirectamente proporcional al desarrollo ruminal.

**4.2.3.4 Alimento.** Durante el ensayo se realizaron tomas de muestras de cada uno los alimentos utilizados para hacer análisis de su composición. Las muestras fueron obtenidas al azar a distintos niveles de los sacos de alimento para que fueran representativas. Posteriormente fueron analizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Austral de Chile. Para los concentrados y la alfalfa se midió: materia seca (MS), cenizas totales (CT), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), energía metabolizable (EM), fibra de detergente neutro (FDN), fibra de detergente ácido (FDA), calcio (Ca), y fósforo (P). Para el sustituto lácteo se midió MS, CT, PB, EB, EM, Ca, P. En el siguiente cuadro se detalla los análisis químicos realizados a los alimentos.

**Cuadro 6.** Análisis químico realizado en muestras de concentrados, sustituto lácteo y pellets de alfalfa.

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Referencia</b>
Materia seca (MS) %	Horno de ventilación forzada a 60°C por 48 horas y estufa a 105° C por 12 horas	Bateman (1970) *AOAC.1996. Método 930.15
Cenizas totales (CT) % de MS	Calcinación en mufla a 550-600°C por 5 horas	Bateman (1970) AOAC.1996. Método 942.05
Proteína bruta (PC) % de MS	Micro Kjeldhal (nitrógeno x 6,25)	Bateman (1970)
Fibra detergente ácida (FDA) % de MS	Digestión con detergente ácido	AOAC.1996. Método 973.18
Fibra detergente Neutra (FDN) % de MS	Digestión con detergente neutro	Van Soest y col. (1991)
Energía bruta (EB) Kcal/g de MS	Colorímetro de bomba de oxígeno	Bateman (1970) Parr Instrument Company Manual n° 142
Energía metabolizable (EM) Mcal/kg de MS	Regresión a partir del valor "D" ( $EM = 0,279 + 0,0325 \times D\%$ )	Garrido y Mann (1981)
Extracto etéreo (EE) % de MS	Análisis proximal	Bateman (1970)
Calcio (Ca) % de MS	Digestión vía húmeda con ácidos nítricos-perclóricos	AOAC.1996. Método 975.03
Fósforo (P) % de MS	Método vanadio molibdic (colorimétrico)	AOAC.1980. Método 22

\* Association of Oficial Analytical Chemists

#### 4.2.4 Mediciones.

**4.2.4.1** Control de peso vivo. Se efectuaron controles individuales de peso de los animales de ambos tratamientos. Para ello cada ternero era pesado al nacimiento, al inicio y al finalizar el ensayo y durante todo el ensayo cada vez que cumplía una nueva semana de tratamiento.

**4.2.4.2** Medición del consumo de alimento. Se midió diariamente el consumo de cada alimento mediante la diferencia de alimento ofrecido y lo rechazado por cada ternero. El alimento rechazado fue pesado con una pesa electrónica y posteriormente anotado en la planilla correspondiente de cada animal.

**4.2.4.3** Pesaje de estómago y retículorumen. Posteriormente a la remoción del estómago (abomaso, omaso, rumen y retículo), todas las cavidades fueron vaciadas y lavadas con agua fría para luego realizar el pesaje del estómago y retículorumen sin contenido y determinar el largo de las papilas ruminales y celdillas del retículo.

**4.2.4.4** Medición de las papilas del saco craneal y ventral del rumen y celdillas del retículo. La mucosa ruminoreticular se analizó macroscópicamente mediante inspección y se midió con regla milimetrada la longitud de las papilas de la zona central del saco craneal y ventral, y la longitud de las celdillas de la zona central del retículo.

#### 4.2.5 Análisis estadístico.

Los datos obtenidos para las variables evaluadas, cumplieron con las pruebas de homogeneidad de varianza y distribución normal, lo que fue verificado mediante test de Shapiro-Wilk.

El análisis de los datos y presentación de los resultados, se realizó mediante estadística descriptiva ( $X \pm EE$ ), las diferencias entre grupos fueron analizadas mediante ANDEVA con un nivel de significación del 5%. Para ello fue utilizado el programa computacional Statistics Analysis System (SAS), mediante el siguiente modelo lineal general:

$$Y_{ij} = u + T_i + bPI_{ij} + E_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$  : Variable dependiente
- $u$  : Media de la población
- $T_i$  : Efecto fijo del i-ésimo tratamiento
- $bPI_{ij}$  : Covariable
- $E_{ij}$  : Efecto residual aleatorio

## 5 RESULTADOS

### 5.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS

El cuadro 7 muestra la composición química de los concentrados, pellets de alfalfa y sustituto lácteo consumidos por los grupos Control y CPDR. Los valores de los concentrados y pellets de alfalfa corresponden al promedio de dos análisis.

**Cuadro 7.** Composición química promedio y desviación estándar de los concentrados, pellets de alfalfa y sustituto lácteo suministrados a dos grupos de terneros criados artificialmente (valores expresados en base a 100% materia seca).

Nutrientes	Alimento			
	Concentrado iniciación	CPDR	Pellets de alfalfa	Sustituto lácteo
MS (%)	86,5 ± 0,55	90,3 ± 0,56	86,8 ± 0,25	93,82
CT (%)	7,5 ± 0,71	7,8 ± 0,04	12,2 ± 1,99	7,72
PB (%)	20,6 ± 0,22	28,3 ± 0,08	21,8 ± 1,15	20,67
EE (%)	4,0 ± 0,68	5,1 ± 0,01	1,7 ± 0,13	-
EM (Mcal/kg)	2,9 ± 0,09	3,0 ± 0,00	2,3 ± 0,23	3,16
EB (Kcal/g)	-	-	-	4,94
FDN (%)	24,4 ± 8,64	8,9 ± 0,17	42,1 ± 11,78	-
FDA (%)	10,1 ± 3,57	4,1 ± 0,21	31,4 ± 6,55	-
Ca (%)	1,2 ± 0,20	1,3 ± 0,03	1,4 ± 0,57	0,71
P (%)	0,7 ± 0,06	1,1 ± 0,01	0,3 ± 0,01	0,60

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal, UACH (2007).

### 5.2 CONSUMO DE MATERIA SECA

En el cuadro 8 se muestra el análisis de los consumos de concentrados y pellets de alfalfa que fueron medidos diariamente durante el ensayo. El cálculo se realizó en base al porcentaje de materia seca de cada alimento obteniéndose: consumo promedio de cada concentrado (CI y CPDR), consumo promedio de pellets de alfalfa y consumo promedio total de materia seca, el cual incluye: consumo de concentrado(s), pellets de alfalfa y sustituto lácteo para los grupos Control y CPDR

**Cuadro 8.** Promedio y error estándar de consumo de concentrado(s), pellets de alfalfa y consumo total de alimento (grs de MS/día) de dos grupos de teneros criados artificialmente con diferentes dietas en los períodos 0 - 21 y 22 - 75 días de ensayo.

Alimentos	Grupos		P	EE
	Control (grs/día)	CPDR (grs/día)		
Concentrado				
0 - 21 días	251	280	0,116	18,6
22 - 75 días	1188	1269	0,170	38,1
Pellets alfalfa				
22 - 75 días	185 <sup>a</sup>	250 <sup>b</sup>	0,014	15,3
Consumo total de MS				
0 - 21 días	773	801	0,116	18,6
22 - 75 días	1875 <sup>a</sup>	1519 <sup>b</sup>	0,000	45,4

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

EE= Error estándar de la media.

P= Valor P.

En este cuadro se puede observar que no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en el consumo de concentrado en los períodos 0 - 21 y 22 - 75 días de ensayo. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el consumo de pellets de alfalfa y consumo total de MS en el período 22 - 75 días.

### 5.3 PESOS VIVOS Y GANANCIA DE PESO SEMANAL

En el cuadro 9 se muestran los pesos vivos promedios de los grupos Control y CPDR a los 0, 21 y 75 días de ensayo.

**Cuadro 9.** Pesos vivos promedio y error estándar de dos grupos de teneros criados artificialmente con diferentes dietas a los 0, 21 y 75 días de ensayo.

Períodos	Tratamientos		P	EE
	Control (kg)	CPDR (kg)		
0 días	41,9	42,2	0,85	0,52
21 días	47,5 <sup>a</sup>	46,0 <sup>b</sup>	0,00	0,73
75 días	95,7 <sup>a</sup>	80,0 <sup>b</sup>	0,00	1,83

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

EE= Error estándar de la media.

P= Valor P.

En este cuadro se aprecia que los pesos vivos, al inicio del ensayo, fueron similares entre ambos grupos, sin embargo, hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en los pesos a los

21 y 75 días de ensayo.

Con los pesos vivos semanales se calcularon las ganancias de peso vivo por semana y el promedio de ganancia diaria para cada animal. A continuación se presentan las ganancias diarias de peso vivo promedio en los períodos 0 - 21 y 22 - 75 días de ensayo para los grupos Control y CPDR.

**Cuadro 10.** Ganancias diarias de peso vivo promedio y error estándar de dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes dietas en los períodos 0 - 21 y 22 - 75 días de ensayo.

Períodos	Grupos		P	EE
	Control (kg)	CPDR (kg)		
0 - 21 días	0,25	0,20	0,557	0,033
22 - 75 días	0,86 <sup>a</sup>	0,63 <sup>b</sup>	0,000	0,018

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

EE= Error estándar de la media.

P= Valor P.

En el cuadro 10 se aprecia que sólo hubo diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) en el período 22 - 75 días de ensayo que favoreció al grupo Control y que supera en 230 gramos de ganancia diaria promedio al grupo CPDR.

#### 5.4 EFICIENCIA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA

En el siguiente cuadro se presenta la eficiencia de conversión alimenticia (consumo total de MS / ganancia de peso vivo) para los grupos Control y CPDR en los períodos 0 - 21 y 22 - 75 días de ensayo.

**Cuadro 11.** Eficiencia de conversión alimenticia promedio y error estándar de dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes dietas en los períodos 0 - 21 y 22 - 75 días de ensayo.

Períodos	Grupos		P	EE
	Control	CPDR		
0 - 21 días	4,1	4,8	0,60	0,79
22 - 75 días	2,2 <sup>a</sup>	2,4 <sup>b</sup>	0,03	0,05

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

EE= Error estándar de la media.

P= Valor P.

En el cuadro 11 se observa que sólo hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el período 22 - 75 días donde el grupo Control tuvo una eficiencia de conversión alimenticia mayor.

## 5.5 ANÁLISIS DE SANGRE

### 5.5.1 Test de turbidez

**Cuadro 12.** Promedio ( $\pm$  DE) de Unidades de Turbidez en dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes dietas.

Grupos	UT
Control	36,0 $\pm$ 14,9
CPDR	26,1 $\pm$ 5,7

En el cuadro 12 se muestran los valores de UT para cada grupo, los cuales se encuentran dentro de los rangos de referencias establecidos para la especie y edad.

### 5.5.2 Análisis bioquímico

El siguiente cuadro muestra el promedio de las concentraciones de algunos metabolitos sanguíneos indicadores del metabolismo energético ( $\beta$ -hidroxibutirato y Glucosa) y proteico (urea y albúmina) en el grupo Control y CPDR medido a los 21 y 75 días de ensayo.

**Cuadro 13.** Promedio de las concentraciones de  $\beta$ -hidroxibutirato, Glucosa, Urea y Albúmina y error estándar de dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes tratamientos dietarios a los 21 y 75 días de ensayo.

Metabolito (mmol/L)	Grupos		P	EE
	Control	CPDR		
Albúmina, g/L				
21 días	35,70	37,00	0,664	2,01
75 días	37,00	36,33	0,609	0,85
Urea, mmol/L				
21 días	2,70	4,96	0,090	0,72
75 días	2,40	3,50	0,056	0,29
Glucosa, mmol/L				
21 días	7,80	6,16	0,186	0,71
75 días	5,30	4,86	0,455	0,37
$\beta$ -hidroxibutirato, mmol/L				
21 días	0,20	0,14	0,272	0,029
75 días	0,17	0,25	0,428	0,062

EE= Error estándar de la media.

P= Valor P.

El cuadro 13 indica que no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en la concentración plasmática de ninguno de los metabolitos analizados a los 21 y 75 días de ensayo.



## 5.6 ANÁLISIS DE ORINA

De los análisis de orina, se obtuvieron las concentraciones de fósforo (mmol/L) y creatinina (mmol/L) para cada animal con las cuales fue calculada la relación fósforo: creatinina, las que son presentadas en el cuadro 14 para los grupos Control y CPDR a los 21 y 75 días de tratamiento.

**Cuadro 14.** Relación de las concentraciones de fósforo (mmol/L): creatinina (mmol/L) (P: C) de dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes dietas a los 21 y 75 días de ensayo.

Día	Grupos		P	EE
	Control	CPDR		
21 días	5,5	6,0	0,61	0,69
75 días	2,4 <sup>a</sup>	8,0 <sup>b</sup>	0,01	1,23

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas (P<0,05).

EE= Error estándar de la media.

P= Valor P.

En el cuadro 14 se observa que sólo hubo diferencias significativas (P<0,05) en la relación P: C a los 75 días de ensayo la cual fue superior en el grupo CPDR.

## 5.7 PESOS DE ESTÓMAGO Y RETÍCULORUMEN, MEDIDAS DE PAPILAS RUMINALES Y CELDILLAS DEL RETÍCULO

**Cuadro 15.** Pesos promedios del estómago (abomaso, omaso, rumen y retículo) y del reticulorumen sin contenido y error estándar de dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes dietas sacrificados con 21 y 75 días de ensayo.

Compartimiento	Grupos		P	EE
	Control (kg)	CPDR (kg)		
Estómago				
21 días	0,85	0,88	0,823	0,098
75 días	4,32	4,39	0,870	0,293
Rumen-retículo				
21 días	0,45	0,48	0,643	0,047
75 días	2,72	2,43	0,252	0,166

EE= Error estándar de la media.

P= Valor P.

En el cuadro 15 se puede observar que no hubo diferencias significativas (P>0,05), a los 21 y 75 días de ensayo, en el peso del estómago y reticulorumen entre los grupos Control y CPDR.

**Cuadro 16.** Longitud promedio y error estándar de las papilas del saco craneal y ventral del rumen de dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes dietas, sacrificados con 21 y 75 días de ensayo.

<b>Papilas Rumen</b>	<b>Grupos</b>		<b>P</b>	<b>EE</b>
	<b>Control (mm)</b>	<b>CPDR (mm)</b>		
Saco craneal				
21 días	1,5	2,2	0,116	0,024
75 días	8,9 <sup>a</sup>	7,4 <sup>b</sup>	0,029	0,040
Saco ventral				
21 días	0,8	1,1	0,230	0,017
75 días	4,4	3,4	0,115	0,040

Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

EE= Error estándar de la media.

P= Valor P.

En el cuadro 16 se aprecia que sólo hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el largo de las papilas del saco craneal en los terneros con 75 días de ensayo. En el largo de las papilas del saco ventral no se observaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) ni a los 21 ni 75 días de ensayo.

**Cuadro 17.** Longitud de las celdillas del retículo y error estándar en dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes dietas, sacrificados con 21 y 75 días de ensayo.

<b>Día</b>	<b>Grupos</b>		<b>P</b>	<b>EE</b>
	<b>Control (mm)</b>	<b>CPDR (mm)</b>		
21 días	0,48	0,55	0,275	0,037
75 días	0,94	1,14	0,281	0,110

EE= Error estándar de la media.

P= Valor P.

Podemos observar en el cuadro 17 que no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) ni a los 21 ni 75 días de ensayo en el largo de las celdillas del retículo para los grupos Control y CPDR.

## 6 DISCUSIÓN

### 6.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS

En el cuadro 7 se puede observar que el concentrado CPDR fue superior al concentrado CI para la mayoría de los nutrientes evaluados, excepto para FDN y FDA que fueron mayores en el concentrado CI.

Los niveles de EM fueron bastantes similares para ambos concentrados, siendo levemente superior en el concentrado CPDR, sin embargo, ninguno de los dos concentrados cumple con los requerimientos de la NRC (2001) de 3,28 Mcal/kg de materia seca, pero concuerda con valores reportados por Schulz (2000) y Borkert (2005). Los dos concentrados tuvieron niveles de PB superiores al 18% recomendado por la NRC (2001) pero el concentrado CPDR tuvo un porcentaje notoriamente más elevado. En cuanto al porcentaje de FDA, sólo el concentrado CI tiene un porcentaje cercano a lo recomendado por la NRC (2001) de un 11,6 %, no así el concentrado CPDR que está muy por debajo de este valor. El porcentaje de FDN de ambos concentrados no cumple con los estándares establecidos por la NRC (2001) de un 12,8 %, donde el concentrado CI contiene el doble de lo recomendado. Ambos concentrados tienen un porcentaje de EE por sobre el valor recomendado por la NRC (2001) de un 3 % y son concordantes con valores reportados por Schulz (2000). Según Church (1974) es posible utilizar un máximo de 5 a 7 % de lípidos en la ración y este incremento aumenta el nivel de energía presente en el concentrado.

Los valores obtenidos en los análisis del pellets de alfalfa son muy similares a valores reportados por Coverdale y col (2004) y Borkert (2005).

Todos los parámetros analizados para el sustituto lácteo, exceptuando EM, se encuentran dentro de los rangos definidos como adecuados por la NRC (2001), Moreno (2004) y Garzón (2007).

### 6.2 CONSUMO DE ALIMENTOS, PESO VIVO, GANANCIA DIARIA DE PESO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA

En el cuadro 8 se presentan los consumos de concentrado, pellets de alfalfa y consumo total de MS por cada período. El consumo promedio de sustituto lácteo diario fue el mismo para los grupos Control y CPDR ya que todos los terneros siempre consumieron la totalidad de su ración, o sea, 521 gr MS/día.

En el cuadro 9 se indican los pesos vivos (PV) en los distintos períodos del ensayo. No se encontraron diferencias significativas en los PV iniciales entre los grupos Control y CPDR

y estos fueron similares a resultados de otros estudios (Vallejos 1999, Schulz 2000, Borkert 2005).

Durante el primer período (0 - 21 días), el consumo de MS provino principalmente del consumo del sustituto lácteo, no habiendo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en el consumo de concentrado y, por ende, de consumo total de MS. Por otro lado, no hubo diferencias significativas en la ganancia diaria de peso vivo (GDP) ni en la eficiencia de conversión alimenticia (ECA) durante este período (cuadro 10 y 11 respectivamente), sin embargo, a los 21 días de tratamiento el PV fue significativamente superior en el grupo Control ( $P < 0,05$ ).

En el período 0 - 21 días, las GDP y consumo de MS concuerdan con las reportadas por otros estudios realizados por Schulz (2000), Lesmeister y Heinrichs (2004) y Lesmeister y Heinrichs (2005), por el contrario, la ECA fue baja comparada con los resultados de ensayos realizados por Schulz (2000), Lesmeister y Heinrichs (2004), Borkert (2005), Lesmeister y Heinrichs (2005), Terré y col (2006).

Durante el segundo período (22 - 75 días), no hubo diferencias significativas en el consumo de concentrado. En cuanto al consumo de pellets de alfalfa, si hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) siendo superior en el grupo CPDR, lo que estaría dado por la disminución de la dieta láctea y que promovió el mayor consumo de este grupo, ya que el consumo de concentrado depende directamente del nivel de dieta láctea que se le suministre al ternero (Lanuza 2006). Esto concuerda con trabajos realizados por Winter (1985) y Lanuza y col (1992), que demuestran que destetes a las 3, 5 y 7 semanas permiten mayores consumos de alimento sólido. Por otro lado, y más recientemente, Appleby y col (2001), Hammon y col (2002), Jasper y Weary (2002) reportaron una depresión en el consumo de alimentos sólidos cuando los terneros son alimentados con grandes cantidades de sustituto lácteo. Similarmente Abdelsamei y col (2005) indicaron que una disminución en el consumo de sustituto lácteo produce un incremento lineal en el consumo de forraje. Church (1980) también menciona que terneros alimentados con bajos niveles de sustituto lácteo consumieron mayor cantidad de forraje para compensar la menor cantidad de nutrientes aportados por la dieta láctea.

A pesar de que no hubo diferencias significativas en el consumo de concentrado ( $P > 0,05$ ), el consumo total de MS fue significativamente superior en el grupo Control ( $P < 0,05$ ), y se debería, en parte, al consumo de sustituto lácteo por parte de este grupo. A pesar de que el grupo CPDR tuvo un mayor consumo de pellets de alfalfa, no logra igualar el consumo total de MS por parte del grupo Control, lo cual se traduce en mayores GDP para el grupo Control ( $P < 0,05$ ) y un mayor PV al final de este período ( $P < 0,05$ ), superando en 15,7 kg al grupo CPDR (cuadro 9 y 10). Además contribuye a este mayor peso, la mejor ECA ( $P < 0,05$ ) del grupo Control. Varios investigadores han informado un aumento del consumo de concentrado con la adición del forraje en la dieta (Kincaid 1980, Thomas y Hinks 1982, Stobo y col 1985), por el contrario, otros autores han encontrado una correlación negativa entre la adición de heno en la ración y el consumo de concentrado (Whitaker y col 1957, Leibholz 1975).

El menor peso final del grupo CPDR podría explicarse por una disminución en la absorción de los AGV dado por una queratinización de las papilas ruminales que ocurre cuando los concentrados producen una rápida acumulación de los productos finales de la fermentación (Beharka y col 1998) lo cual es contrarrestado con el forraje ya que provoca un efecto de abrasividad y ayuda a mantener el pH ruminal (Haskins y col 1969), lo que sugiere que el forraje podría haberse suministrado de forma mas temprana en la dieta.

Los resultados de: PV, consumo de MS, GDP y ECA obtenidos durante este período, son similares a los reportados en otros estudios (Suárez y col 2006 a, Terré y col 2006, Khan y col 2007 a, Suárez y col 2007).

## **6.3 ANÁLISIS DE SANGRE**

### **6.3.1 Test de Turbidez**

No hubo diferencias significativas ( $P>0,05$ ) en los resultados del test de turbidez realizados a los grupos Control y CPDR al inicio del ensayo, y los niveles de UT se encontraron dentro de los rangos aceptables para la especie y edad\*, lo que indica que el consumo de calostro por parte de los terneros fue el adecuado. La inmunidad pasiva, adquirida a través del consumo de calostro materno en terneros recién nacidos, es fundamental para proporcionar las defensas necesarias para la sobrevivencia durante las primeras semanas de vida y combatir los agentes patógenos a los que éstos se ven expuestos (González y Bas 1992).

### **6.3.2 Perfil Proteico**

6.3.2.1 Albúmina: A los 21 y 75 días de ensayo no se observaron diferencias significativas ( $P>0,05$ ) en la concentración plasmática de albúmina entre ambos grupos. Las concentraciones se encontraron dentro de los rangos establecidos para la especie y edad\* y concordantes con resultados de otros estudios (Hammon y col 2002, Muri y col 2005, Rérat y col 2005). Las concentraciones plasmáticas de albúmina obtenidas como resultado de la alimentación fueron las adecuadas para promover un desarrollo fisiológico durante este ensayo (Tikofsky y col 2001).

6.3.2.2 Urea: Las concentraciones de urea para ambos grupos se encontraron dentro de los rangos aceptables para la especie y edad\*, siendo coincidente con resultados de otros ensayos (Hammon y col 2002, Borkert 2005, Rérat y col 2005, Hayashi y col 2006). Es sabido que una gran cantidad de amoníaco, dióxido de carbono y metano es producido por la fermentación de alimentos proteicos debido a la actividad microbiana en el rumen de los rumiantes adultos. Parte del amoníaco se absorbe a través de la pared ruminal hacia el torrente sanguíneo y sintetizado en urea en el hígado. La urea es reciclada al rumen vía saliva y absorbida a través de la pared ruminal (Bondi 1988). Este metabolito es un importante fuente de nitrógeno para la síntesis de proteínas microbianas, y a su vez, los microorganismos proporcionan un suministro de aminoácidos para al animal después de la digestión y absorción

---

\* Datos no publicados. Laboratorio de Patología Clínica Veterinaria. Universidad Austral de Chile

en el intestino delgado, por lo tanto, se considera que el reciclaje de la urea aumenta con el desarrollo del rumen (Hayashi y col 2006).

En ninguno de los dos muestreos, 21 y 75 días de ensayo, se observó diferencias significativas entre ambos grupos, pero hubo tendencia a una mayor concentración de urea en el grupo CPDR ( $P = 0,090$  y  $0,056$  respectivamente). Una razón que podría explicar estas diferencias sería el mayor consumo de proteína por parte del grupo CPDR, ya que un aumento del contenido de nitrógeno en los alimentos produce un incremento en la concentración plasmática de urea, aumento del reciclaje y concentración salival de este metabolito (Obara y Shimbayashi 1980). La concentración de urea plasmática tiene una relación lineal positiva con el consumo de proteína en la dieta, su degradabilidad ruminal y consiguiente concentración de amoníaco en el rumen (Broderick y Clayton 1997, Lohakare y col 2006).

### **6.3.3 Perfil energético**

6.3.3.1 Glucosa: A los 21 días de ensayo, no hubo diferencias significativas entre el grupo Control y CPDR. Las concentraciones de glucosa de ambos grupos fueron superiores al rango aceptado para la especie y edad\*, y a los valores reportados por otros autores (Depew y col 1998, Hammon y col 2002, Muri y col 2005, Hayashi y col 2006). A los 75 días de ensayo también las concentraciones de ambos grupos fueron superiores al rango adecuado para la especie y edad, y no hubo diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre ambos grupos.

Podemos observar que durante el período de ensayo hubo una disminución de las concentraciones de glucosa en el tiempo; esto ha sido atribuido a los cambios fisiológicos en la fuente primaria de energía, a partir de glucosa a AGV cuando el rumen de los terneros jóvenes pasa a ser funcional (Hammon y col 2002).

En terneros recién nacidos, debido al cierre de la gotera esofágica y a la falta de ácidos grasos de cadena corta en el lumen ruminal, la principal fuente energía son los derivados de la glucosa que son absorbidos a nivel intestinal. Con el inicio del consumo de alimentos sólidos, la fermentación ruminal produce AGV los cuales comienzan a sustituir la glucosa como fuente de energía (Baldwin y col 2004), debido a esto, concentraciones bajas de glucosa plasmática podría estar relacionada con mayor consumo de alimentos sólidos y mayor actividad y fermentación ruminal (Gálfi y col 1991).

6.3.3.2  $\beta$ -hidroxibutirato: La concentración plasmática de BHB es un importante indicador de la actividad metabólica en el epitelio ruminal y de la conversión de butirato en BHB en la pared del rumen (Lane y col 2000). Weigand y col (1975) reportó que un 26 a 33% del butirato absorbido por las papilas ruminales es convertido en BHB.

Quigley (1996) demostró que en terneros jóvenes, el epitelio ruminal tiene la capacidad de absorber y metabolizar AGV desde una edad temprana. En consecuencia, en la crianza de terneros, el aumento de las concentraciones de AGV en el rumen, se asocia a una elevada

---

\* Datos no publicados. Laboratorio de Patología Clínica Veterinaria. Universidad Austral de Chile

concentración plasmática BHB (Khan y col 2008), sin embargo en este ensayo no se observaron diferencias significativas entre el grupo Control y CPDR para ninguno de los dos períodos de ensayo y las concentraciones de este metabolito estuvieron dentro de los rangos aceptados para su especie y edad\*.

Lesmeister y Heinrichs (2004) reportan que cambios entre el butirato ruminal, la concentración plasmática de BHB y su relación con la actividad metabólica del epitelio ruminal no ha sido completamente dilucidada, sin embargo, Suárez y col (2006 b) establece que las variaciones de las concentraciones en plasma de BHB coinciden con la variación en el desarrollo ruminal, pudiendo utilizar las concentraciones de este metabolito como indicador del desarrollo ruminal, a pesar de lo anterior, no hubo diferencias entre el grupo Control y CPDR.

#### **6.4 ANÁLISIS DE ORINA**

Van Vuuren y col (2004), estableció que la relación P:C se podría utilizar como indicador del desarrollo ruminal ya que estaría negativamente correlacionado a este. Debido a la actividad ruminal, los rumiantes adultos eliminan una pequeña cantidad de fósforo a través de la orina y una mayor cantidad por las heces (Suárez y col 2006 b).

Durante la rumia existe una gran producción de saliva la cual aumenta cuando aumenta la actividad ruminal (Maekawa y col 2002). La saliva contiene una concentración elevada de fosfato (Cunningham 1999), por esta razón el fósforo es reciclado por medio de la saliva disminuyendo su excreción a través de orina y heces.

Con las concentraciones urinarias de Fósforo y Creatinina se calculó la relación (P:C) de estos metabolitos (cuadro 14).

A los 21 días de ensayo, no se observaron diferencias significativas entre los grupos Control y CPDR.

A los 75 días de ensayo, hubo una diferencia significativa en la relación P:C de ambos grupos ( $P < 0,05$ ), siendo mayor en el grupo CPDR. Según lo planteado por Van Vuuren y col (2004) y Suárez y col (2006 b), al tener el grupo Control una menor relación P:C en comparación al grupo CPDR, tendría un mayor desarrollo ruminal.

#### **6.5 PESO DE ESTÓMAGO Y RETÍCULORUMEN, MEDIDAS DE PAPILAS RUMINALES Y CELDILLAS DEL RETÍCULO**

A los 21 y 75 días de ensayo, no se observan diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en el peso del estómago y peso del retículo rumen entre los grupos Control y CPDR (cuadro 15).

A los 21 días de ensayo, no se evidenciaron diferencias significativas ( $P>0,05$ ) en el largo de las papilas ruminales del saco craneal, ventral y celdillas del retículo siendo concordante con lo observado en consumo de alimento, ECA, GDP y la relación P:C.

A los 75 días de ensayo, se observó una diferencia significativa ( $P>0,05$ ) en el largo de las papilas ruminales del saco craneal y que favoreció al grupo Control (cuadro 16). Estos valores son similares a los reportados por Lesmeister y Heinrichs (2004), Lesmeister y Heinrichs (2005), pero menores a los reportados por Khan y col (2008). El consumo de alimento sólido, especialmente los que tienen un alto contenido de carbohidratos, estimulan la proliferación de los microorganismos ruminales y la producción de AGV, y como consecuencia se estimula el desarrollo ruminal (Flatt y col 1958, Harrison y col 1960; Suárez y col 2006 b), a pesar de esto, y considerando que no hubo diferencias significativas en el consumo de concentrado entre los grupos Control y CPDR, el grupo Control tuvo mayor longitud de las papilas del saco craneal, lo cual es concordante con la relación P:C presentada para este mismo período.

No hubo diferencias significativas ( $P>0,05$ ) en largo de las papilas del saco ventral entre ambos grupos ni a los 21 ni 75 días de ensayo. En cuanto a la longitud de las celdillas del retículo (cuadro 17) no se observan diferencias significativas entre los dos grupos ni a los 21 ni 75 días de ensayo (cuadro 17).

Los valores obtenidos para la longitud de las papilas ruminales fueron superiores a los reportados por Khan y col (2008) y más similares a lo reportado por Cozzi y col (2002), Suárez y col (2006 b), Suárez y col (2007).

Ha sido señalado que los efectos de la dieta sobre el desarrollo del epitelio ruminal como muscularización del reticulorumen y el aumento de volumen de estos compartimentos, pueden ocurrir de forma independiente (Stobo y col 1966). Esto sugiere que los factores dietéticos que influyen en el crecimiento y desarrollo papilar pueden no afectar la muscularización del rumen y el volumen de éste (Heinrichs 2005). Esto podría explicar que a los 75 días de ensayo hubiese sólo diferencias significativas en el largo de las papilas ruminales y no en el peso del reticulorumen.

Al final del período 22 - 75 días podemos observar algún grado de desarrollo ruminal por parte de los dos grupos pero que fue superior en el grupo Control, debido a que este grupo tuvo un mayor PV final ( $P<0,05$ ), mayor GDP y ECA ( $P<0,05$ ), relación P:C mas baja ( $P<0,05$ ) y mayores longitudes de las papilas ruminales ( $P < 0,05$ ).

## 6.6 CONCLUSIONES

La utilización de concentrado CPDR en terneros con destete hiperprecoz (21 días), produce menores ganancias de peso, eficiencia de conversión alimenticia, consumo de alimento, comparado con terneros destetados precozmente (75 días), criados en un sistema de alimentación tradicional.



La utilización de concentrado CPDR en terneros con destete hiperprecoz (21 días) produce menores longitudes de papilas ruminales del saco craneal, comparado con terneros destetados precozmente (75 días), criados en un sistema de alimentación tradicional.

Terneros alimentados con concentrado CPDR, destetados hiperprecozmente (21 días), no produjeron diferencias significativas en el peso de estómago, peso del reticulorumen y largo de las celdillas del retículo, comparado con terneros destetados precozmente (75 días), criados en un sistema de alimentación tradicional.

Terneros alimentados con concentrado CPDR y destetados hiperprecozmente (21 días), no produjeron diferencias significativas en la concentración plasmática de  $\beta$ -hidroxibutirato, glucosa, albúmina y urea, comparado con terneros destetados precozmente (75 días), criados en un sistema de alimentación tradicional.



**Figura 1.** Fotografías de la mucosa del rumen en los distintos períodos de ensayo:

a y b: mucosa ruminal de terneros con 1 día de tratamiento.

c y d: mucosa ruminal de terneros con 21 días de tratamiento.

e y f: mucosa ruminal de terneros con 75 días de tratamiento.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

- Abdelsamei A, D Fox, L Tedeschi, M Thonney, D Ketchen, J Stouffer. 2005. The effect of milk intake on forage intake and growth of nursing calves. *J Anim Sci* 83, 940–947.
- Appleby M, D Weary, B Chua. 2001. Performance and feeding behavior of calves on ad libitum milk from artificial teats. *Appl Anim Behav Sci* 74, 191–201.
- AOAC International. 1996. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 16<sup>th</sup> edition. Gaithersburg, MD, USA.
- Arias J, A Nesti de Alonso. 1999. Importancia de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre en el ganado lechero. *Rev Fac Agron (LUZ)* 16, 553-561.
- Bacha F. 1999. Nutrición del ternero neonato. *XV Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal*, Madrid, España.
- Bacha F. 2002. Nutrición, patología digestiva y salud intestinal rumiantes en cebo; aspectos prácticos. *XVIII Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal*, Barcelona, España.
- Baldwin R, VI, K McLeod, J Klotz, R Heitmann. 2004. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and post-weaning ruminant. *J Dairy Sci* 87 (E Suppl.), E55–E65.
- Bateman J. 1970. Nutrición Animal. *Manual de métodos analíticos*. Herrero (ed). Centro regional de Ayuda Técnica, México.
- Bavera G. 2005. Destete hiperprecoz. *Cursos Producción Bovina de Carne*. Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de agronomía y veterinaria, Departamento de Producción Animal. Río Cuarto, Argentina.
- Beharka A, T Nagaraja, J Morrill, G Kennedy, R Klemm. 1998. Effects of form of the diet on anatomical, microbial and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *J Dairy Sci* 81, 1946–1955.
- Bondi A. 1988. Nutrición animal. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- Booth H, L McDonald. 1988. *Veterinary Pharmacology and Therapeutics* 6<sup>th</sup> edition. Iowa State University Press/Ames.

- Borkert JA. 2005. Respuesta productiva y metabólica de terneros alimentados con tres sustitutos lácteos comerciales. *Memoria de titulación*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Broderick G, M Clayton. 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J Dairy Sci* 80, 2964–2971.
- Campos R, F González, L Lacerda, A Coldebella. 2005. Perfil metabólico obtenido de pool de sueros o de muestras individuales. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brazil. *Arch Zootec* 54, 113-116.
- Church D. 1979. Digestive Physiology. In: *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. 2<sup>a</sup> ed. Oxford Press, Portland, OR, USA.
- Church D, D Gorrill, R Warner. 1980. Feeding and nutrition of young calves. In: *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. D. C. Church, ed. O&B Books, Corvallis, OR, USA.
- Coverdale J, H Tyler, J Quigley, III, J Brumm. 2004. Effect of various levels of forage and form of diet on rumen development and growth in calves. *J Dairy Sci* 87, 2554–2562.
- Cozzi G, F Gottardo, S Mattiello, E Canali, E Scanziani, M Verga, I Andrighetto. 2002. The provision of solid feeds to veal calves: I. Growth performance, forestomach development, and carcass and meat quality. *J Anim Sci* 80, 357-366.
- Cunningham J. 1999. *Fisiología veterinaria*. 2<sup>a</sup> ed. Mc Graw-Hill Interamericana. México.
- Depew C, L Bunting, J Fernández, D Thompson, R Adkinson. 1998. Performance and metabolic responses of young dairy calves fed diets supplemented with chromium tripicolinate. *J Dairy Sci* 81, 2916–2923.
- Dyce K, W Sack, C Wensing. 1999. *Anatomía veterinaria*. 2<sup>a</sup> ed. Mc Graw-Hill Interamericana. México.
- Eichholz J. 1975. Consideraciones con respecto al uso de sistemas de crianza artificial de terneros de lechería en el sur de Chile. *Agrosur* 3, 67-70.
- Flatt W, R Warner, J Loosli. 1958. The influence of purified materials on the development of the ruminant stomach. *J Dairy Sci* 41, 1593–1600.
- Frandsen R. 1995. *Anatomía y fisiología de los animales domésticos*. 5<sup>a</sup> ed. Mc Graw-Hill Interamericana.

- Gálfi P, S Neogrády, T Sakata. 1991. Effects of volatile fatty acids on the epithelial cell proliferation of the digestive tract and its hormonal mediation, in *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*. Proceedings of the Seventh International Symposium on Ruminant Physiology. Eds. T Tsuda, Y Sasaki, and R Kawashima, ed. Academic Press, Inc., San Diego, CA, USA. Pp 49–59
- Garrido O, E Mann. 1981. Composición química, digestibilidad y valor energético de una pradera permanente de pastoreo a través del año. *Tesis de Licenciatura*, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile.
- Garzón B. 2007. Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. REDVET. *Revista electrónica de Veterinaria* 8, 1695-7504.
- Ghezzi M, M Lupidio, A Castro, S Gómez, G Bilbao, H Landi. 2000. Desarrollo morfológico del estómago en terneros alimentados con dos sustitutos lácteos. *Rev chil anat.* 18, 19-26.
- González M. 1992. Crianza artificial de terneros. 1: Fundamentos básicos de la crianza artificial de terneros de lechería. *Investigación y Progreso Agropecuario Remehue*, Osorno, Chile Pp 3-5.
- González F, F Bas. 1992. Factores que afectan la inmunidad pasiva en terneros recién nacidos. *Ciencia Inv Agr* 19, 59-74.
- Greenwood R, J Morrill, E Titgemeyer, G Kennedy. 1997. New method of measuring diet abrasion and its effect on the development of the forestomach. *J Dairy Sci* 80, 2534-2541.
- Habel R. 2003. Sistema digestivo de los rumiantes. En: R Getty, S Sisson, J Grossman *Anatomía de los animales domésticos*. Tomo I. 5<sup>a</sup> ed. Masson, España. Pp 957- 1016.
- Haley D, J Rushen, I Duncan, T Widowski, A Passillé. 1998. Effects of resistance to milk flow and the provision of hay on nonnutritive sucking by dairy calves. *J Dairy Sci* 81, 2165-2172.
- Hamada T, S Maeda, K Kameoka. 1976. Factors influencing growth of rumen, liver, and other organs in kids weaned from milk replacers to solid foods. *J Dairy Sci* 59, 1110-1118.
- Hammon H, G Schiessler, A Nussbaum, J Blum. 2002. Feed intake patterns, growth performance, and metabolic and endocrine traits in calves fed unlimited amounts of colostrum and milk by automate, starting in the neonatal period. *J Dairy Sci* 85, 3352–3362.

- Hammond A. 1997. *Update on bun and mun as a guide for protein supplementation in cattle*. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Subtropical Agricultural Research Station, Brooksville, Florida, USA.
- Harrison H, R Warner, E Sander, J Loosli. 1960. Changes in the tissue and volume of the stomachs of calves following the removal of dry feed or consumption of inert bulk. *J Dairy Sci* 43, 1301–1312.
- Haskins B, M Wise, H Craig, T Blumer, E Barrick. 1969. Effects of adding low levels of roughages or roughage substitutes to high energy rations for fattening steers. *J Anim Sci* 29, 348–356.
- Hayashi H, M Kawai, I Nonaka, F Terada, K Katoh, Y Obara. 2006. Developmental changes in the kinetics of glucose and urea in holstein calves. *J Dairy Sci* 89, 1654–1661.
- Heinrichs J. 2005. Rumen development in dairy calf. *Adv Dairy Tech* 17, 179-188.
- Hinders G, F Owen. 1965. Relation of ruminal parakeratosis development to volatile fatty acid absorption. *J Dairy Sci* 48, 1069-1073.
- Hodgson, J. 1971. The development of solid food intake in calves. 1. The effect of previous experience of solid food, and the physical form of diets, on the development of food intake after weaning. *Anim Prod* 13, 15–24.
- Jasper J, D Weary. 2002. Effects of ad libitum milk intake on dairy calves. *J Dairy Sci* 85, 3054–3058
- Kaneko J, J Harvey, M Brus. 1997. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. 5<sup>th</sup> ed. Academic Press, San Diego, USA.
- Khan M, H Lee, W Lee, H Kim, K Ki, T Hur, G Suh, S. Knag, Y Choi. 2007 a. Structural growth, rumen development, metabolic and immune response of Holstein male calves fed milk through step-down and conventional methods. *J Dairy Sci* 90, 3376–3387.
- Khan M, H Lee, W Lee, H Kim, S Kim, S Park, K Baek, J Ha, Y Choi. 2008. Starch source evaluation in calf starter: ii. ruminal parameters, rumen development, nutrient digestibilities, and nitrogen utilization in holstein calves. *J Dairy Sci* 91, 1140–1149.
- Kincaid R. 1980. Alternate methods of feeding alfalfa to calves. *J Dairy Sci* 63, 91–94
- Lane M, R Baldwin, B Jesse. 2000. Sheep rumen metabolic development in response to age and dietary treatments. *J Anim Sci* 78, 1990–1996.
- Lanuza F, G Stehr, N Butendieck, R Pineda. 1992. Comparación de dos sistemas de crianza de terneros nacidos en otoño. *Agric Téc* 52, 112-118.

- Lanuza F. 2006. Crianza de terneros y reemplazos de lechería En: *Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Centro de Regional de Investigación Remehue, Osorno, Chile, Pp 109-128.
- Leibholz J. 1975. Ground roughage in the diet of the early-weaned calf. *Anim Prod* 20, 93–100.
- Lesmeister K, A Heinrichs. 2004. Effects of corn processing on growth characteristics, rumen development and rumen parameters in neonatal dairy calves. *J Dairy Sci* 87, 3439–3450.
- Lesmeister K, A Heinrichs. 2005. Effects of adding extra molasses to a texturized calf starter on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves. *J Dairy Sci* 88, 411–418.
- Lobley G, Milano G, van Der Walt J. 2000. The liver: Integrator of nitrogen metabolism. In *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth, and Reproduction*. Editor P. B. Cronje. Cabi Publishing, Wallingford, U.K.
- Lohakare J, A Pattanaik, A Khan. 2006. Effect of dietary protein levels on the performance, nutrient balances, metabolic profile and thyroid hormones of crossbred calves. *Asian-Aust. J Anim Sci* 19, 1588–1596.
- Maekawa M, K Beauchemin, D Christensen. 2002. Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal pH of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 85, 1165-1175.
- Mena H, J Santos, J Huber, M Tarazon, M Calhoun. 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, 2506-18.
- Moreno J. 2004. Bases fisiológicas y nutricionales que apoyan las formulaciones actuales de sustitutos lácteos. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Animales, Pontificia Universidad Católica de Chile
- Muri C, T Schottstedt, H Hammon, E Meyer, J Blum. 2005. Hematological, metabolic, and endocrine effects of feeding vitamin A and lactoferrin in neonatal calves. *J Dairy Sci* 88, 1062–1077.
- Nocek J. 1997. Bovine acidosis: Implications on laminitis. *J Dairy Sci* 80, 1005–1028.
- NRC 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7<sup>th</sup> ed. National Research Council. Washington D.C., USA.

- Obara Y, K Shimbayashi. 1980. The appearance of re-cycled urea in the digestive tract of goats during the final third of a once daily feeding of a low-protein ration. *Br J Nutr* 44, 295–305.
- Orskov E. 1992. *Protein nutrition in ruminants*. Academic Press, London, U.K.
- Owens F, D Secrist, W Hill, D Gill. 1998. Acidosis in cattle: A review. *J Anim Sci* 76, 275–286.
- Plaza J, J Hernández. 1994. Efecto del sistema de alimentación en el comportamiento de los terneros. *Cuban J Agric Sci* 28, 175-180.
- Pochón D. 2002. Surco reticular de los rumiantes. Revisión bibliográfica. *Rev Vet* 12/13, 34-44.
- Quigley J, III, L Caldwell, G Sinks, R Heitmann. 1991 a. Changes in blood glucose, nonesterified fatty acids, and ketones in response to weaning and feed intake in young calves. *J Dairy Sci* 74, 250–257.
- Quigley J, III, J Bernard. 1992. Effects of nutrient source and time of feeding on changes in blood metabolites in young calves. *J Anim Sci* 70, 1543–1549.
- Quigley J, III, T Steen, S Boehms. 1992 a. Postprandial changes of selected blood and ruminal metabolites in ruminating calves fed diets with or without hay. *J Dairy Sci* 75, 228-235.
- Quigley J, III. 1996. Influence of weaning method on growth, intake, and selected blood metabolites in jersey calves. *J Dairy Sci* 79, 2255–2260.
- Razz R, T Clavero. 2004. Niveles de urea, fósforo, glucosa e insulina de vacas en ordeño suplementadas con concentrado en un sistema de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*. *Rev Cient (Maracaibo)*. 17, 53-57.
- Rérat M, Y Zbinden, R Saner, H Hammon, J Blum. 2005. In vitro embryo production: growth performance, feed efficiency, and hematological, metabolic, and endocrine status in calves. *J Dairy Sci* 88, 2579–2593.
- Roy J. 1974. *El Ternero: Nutrición y Patología*. II tomo. La Habana. Editorial Organismos.
- Roy J. 1980. *The calf*. 4<sup>th</sup> ed. London. Butterworths.
- Sander E, R Warner, H Harrison, J Loosli. 1959. The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf. *J Dairy Sci* 42, 1600–1605.



- Schulz CA. 2000. Evaluación de tres concentrados de iniciación durante el periodo de crianza artificial de terneros. *Memoria de titulación*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile, Chile.
- Silva P. 1997. Factores fisiológicos y nutricionales que influyen en la utilización de sustitutos lácteos en terneros prerrumiantes. *Tesis de pregrado*. Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Pp 135.
- Stobo I, J Roy, H Gaston. 1966. Rumen development in the calf. 1. The effect of diets containing different proportions of concentrates to hay on rumen development. *Br J Nutr* 20, 171-188.
- Stobo I, C Lucci, J Roy, M Perfitt. 1985. Comparison of high-energy pellets containing processed fibre with a coarse concentrate mixture in relation to the development of solid food intake in the calf. *Anim Prod* 40, 570.
- Suárez B, C Van Reenen, G Beldman, J Van Delen, J Dijkstra, W Gerrits. 2006 a. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: I. Animal performance and rumen fermentation characteristics. *J Dairy Sci* 89, 4365–4375.
- Suárez B, C Van Reenen, W Gerrits, N Stockhofe, A Van Vuuren, J Dijkstra. 2006 b. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: II. Rumen development. *J Dairy Sci* 89, 4376–4386.
- Suárez B, C Van Reenen, G Beldman, J van Denle, J Dijkstra, W Gerrits. 2007. Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves. *J Dairy Sci* 90, 2390–2403.
- Tamate H, A McGuilliard, N Jacobson, R Getty. 1962. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *J Dairy Sci* 45, 408-420.
- Terré M, M Devant, A Bach. 2006. Performance and nitrogen metabolism of calves fed conventionally or following an enhanced-growth feeding program during the preweaning period. *Livest Sci* 105, 109–119
- Thomas D, C Hinks. 1982. The effect of changing the physical form of roughage on the performance of the early-weaned calf. *Anim Prod* 35, 375–384.
- Thomas J. 2000. overview of plasma proteins. In: B Feldman, J Zinkl, N Jain (eds). *Shalman's Veterinary Hematology*. 5<sup>th</sup> ed. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, USA.
- Tikofsky J, M Van Amburgh, D Ross. 2001. Effect of varying carbohydrate and fat content of milk replacer on body composition of Holstein bull calves. *J Anim Sci* 79, 2260-2267.

- Vallejos FE. 1999. Evaluación del uso de un sustituto lácteo con un hidrolizado de pescado como fuente de proteína para la crianza de terneras de reemplazo. *Tesis de grado*, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Austral de Chile.
- Van Soest P, J Robertson, B Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 74, 3583-3597.
- Van Vuuren A, N Stockhofe, W Gerrits, B Suárez, C Van Reenen. 2004. Urinary phosphorus and allantoin as parameters for rumen development in veal calves. *J Anim Sci* 82 (Suppl. 1), 211.
- Weigand E, J Young, A McGilliard. 1975. Volatile fatty acid metabolism by rumen mucosa from cattle fed hay or grain. *J Dairy Sci* 58, 1294–1300.
- Whitaker R, W Miller, J Carmon, H Dalton. 1957. Influence of level and source of crude fiber in calf starters on weight and feed consumption. *J Dairy Sci* 40, 887–892.
- Whitaker D, J Kelly. 1994. The use and interpretation of metabolic profiles in dairy cows. I Curso de Divulgación en Técnicas de RIA y Evaluación de Metabolitos Sanguíneos y Cinéticas Digestivas Relacionadas en la Nutrición y Reproducción en Bovinos. Maracay, Venezuela.
- Winter A. 1985. Comparative performance and digestibility in dairy calves weaned at three, five and seven weeks of age. *Can J Anim Sci* 65, 445-450.

## 8 ANEXOS

**ANEXO 1.** Promedio semanal del consumo diario de concentrado CI, concentrado CPDR y pellets de alfalfa, en dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes dietas durante 75 días.

Semana	Control (grs/día)			CPDR (grs/día)		
	CI	CPDR	Pellets alfalfa	CI	CPDR	Pellets alfalfa
<b>1</b>	111	-	-	-	103	-
<b>2</b>	262	-	-	-	277	-
<b>3</b>	487	-	-	-	604	-
<b>4</b>	778	-	148	-	857	150
<b>5</b>	794	-	186	332	766	226
<b>6</b>	1294	-	194	786	466	251
<b>7</b>	1442	-	185	1498	-	300
<b>8</b>	1633	-	233	1739	-	348
<b>9</b>	1840	-	277	1843	-	377
<b>10</b>	1917	-	294	1895	-	354
<b>11</b>	1990	-	298	1889	-	351

**ANEXO 2.** Promedio semanal de pesos vivos de dos grupos de terneros criados artificialmente con diferentes dietas durante 75 días.

Semana	Tratamientos	
	Control	CPDR
<b>1</b>	43	43
<b>2</b>	45	44
<b>3</b>	48	46
<b>4</b>	50	48
<b>5</b>	56	51
<b>6</b>	62	55
<b>7</b>	68	60
<b>8</b>	75	65
<b>9</b>	85	70
<b>10</b>	92	75
<b>11</b>	96	80

**ANEXO 3.** Valores de referencia para Test de Turbidez, concentración plasmática de albúmina, urea, glucosa y  $\beta$ -hidroxibutirato en terneros desde la primera a duodécima semana de edad.

<b>Parámetro</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Turbidez (UT)	20	40
Albúmina (g/L)	29	41
Urea (mmol/L)	2,6	7
Glucosa (mmol/L)	2,5	4,1
$\beta$ -hidroxibutirato (mmol/L)	0,12	0,46

Fuente: Laboratorio de Patología Clínica Veterinaria. Universidad Austral de Chile.

## 9 AGRADECIMIENTOS

*Quiero aprovechar este apartado para agradecer a quienes colaboraron en la realización de esta Memoria de Título.*

*En primer lugar al Dr. Rubén Pulido, de quien aprendí mucho, confió en mis capacidades brindándome su apoyo y motivación en todo momento. También quiero agradecer al Dr. Juan Pablo Smulders por su buena disposición en la realización del análisis de los resultados, y al Dr. Manuel Moroni, quien colaboró con entusiasmo en la parte de práctica de este trabajo.*

*Finalmente quisiera dar mis sinceros agradecimientos a la Dra. Silvana Follert por su constancia, dedicación y apoyo en el trabajo realizado, además de la amistad que me entregó durante y después de la realización de esta Memoria de título. Gracias a todos aquellos que aportaron con un granito de arena para un buen término de esta investigación.*