

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL NIVEL DE PROTEÍNA EN LA DIETA DE
TERNEROS DE DESTETE PRECOZ ALIMENTADOS EN CONFINAMIENTO

por

Ignacio MORTEIRO
Ignacio YOUNG

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2014

Tesis aprobada por:

Director:

.....
Ing. Agr. (MSc) (PhD) Virginia Beretta

.....
Ing. Agr. (MSc) (PhD) Álvaro Simeone

.....
Dr. (MSc) Juan Franco

Fecha: 21 de noviembre de 2014

Autor:

.....
Ignacio Morteiro

.....
Ignacio Young

AGRADECIMIENTOS

A los profesores Álvaro Simeone y Virginia Beretta por su constante disposición durante la realización de este trabajo.

A Javier Caorsi y Juan Franco por su colaboración en el trabajo de laboratorio.

A los funcionarios de la estación experimental Mario A. Cassinoni por toda la ayuda y disposición durante la fase experimental.

A nuestras familias.

Y a todos los que de alguna manera colaboraron en la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. INTRODUCCIÓN	2
2.2. REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNA EN TERNEROS DESTETADOS PRECOZMENTE.....	3
2.2.1. <u>Expresión de los requerimientos de proteína</u>	3
2.2.2. <u>Factores que afectan los requerimientos proteicos</u>	4
2.3. METABOLISMO PROTEICO	6
2.3.1. <u>Proteína metabolizable</u>	6
2.3.1.1. Variables que afectan el consumo de proteína metabolizable..	8
2.3.2. <u>Factores que afectan la degradación de la proteína en el rumen</u>	8
2.3.3. <u>Sincronización energético-proteica</u>	10
2.3.4. <u>Amoníaco</u>	13
2.4. NUTRICIÓN PROTEICA Y PERFORMANCE EN TERNEROS DESTETADOS PRECOZMENTE	16
2.4.1. <u>Sistemas de alimentación en terneros</u>	16
2.4.2. <u>Efecto del nivel proteico en la dieta sobre la performance de vacunos</u>	19
2.4.3. <u>Capacidad ingestiva de los terneros</u>	25
2.5. EFECTO DEL NIVEL DE PROTEÍNA EN LA EFICIENCIA DE USO DEL NITRÓGENO	26
2.5.1. <u>Exceso de nitrógeno</u>	27
2.5.2. <u>Excreción de nitrógeno</u>	27
2.5.3. <u>Impacto ambiental</u>	28
2.6. HIPÓTESIS	29

3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	30
3.1.	LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL	30
3.2.	CLIMA	30
3.3.	ANIMALES	30
3.4.	INFRAESTRUCUTRA	30
3.5.	ALIMENTOS	31
3.6.	TRATAMIENTOS	32
3.7.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	32
3.7.1.	<u>Periodo pre-experimental (9/01/2013 - 27/01/2013)</u>	32
3.7.2.	<u>Periodo experimental (28/01/2013 - 22/04/2013)</u>	33
3.8.	MANEJO SANITARIO	33
3.9.	DETERMINACIONES	33
3.9.1.	<u>Registros climáticos</u>	33
3.9.2.	<u>Peso vivo</u>	33
3.9.3.	<u>Altura al anca</u>	34
3.9.4.	<u>Área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea</u>	34
3.9.5.	<u>Consumo</u>	34
3.10.	DIGESTIBILIDAD IN VIVO.....	34
3.11.	MUESTREOS DE SANGRE Y ORINA.....	35
3.12.	ANÁLISIS QUÍMICOS	35
3.13.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
4.	<u>RESULTADOS</u>	38
4.1.	REGISTROS CLIMÁTICOS	38
4.2.	COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERIZACIÓN DE LAS RACIONES Y SUS RECHAZOS.....	38
4.3.	PESO VIVO.....	39
4.4.	CONSUMO	40
4.5.	EFICIENCIA DE CONVERSIÓN	42
4.6.	DIGESTIBILIDAD	43

4.7.	BALANCE DE NITRÓGENO	44
4.8.	CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO.....	46
5.	<u>DISCUSIÓN</u>	48
5.1.	REGISTROS CLIMÁTICOS	48
5.2.	PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA.....	48
5.3.	EFICIENCIA DE CONVERSIÓN	51
5.4.	CONSUMO	52
5.5.	BALANCE DE NITRÓGENO	54
5.6.	DISCUSIÓN GENERAL	56
5.7.	BENEFICIO ECONÓMICO	57
6.	<u>CONCLUSIONES</u>	58
7.	<u>RESUMEN</u>	59
8.	<u>SUMMARY</u>	60
9.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	61
10.	<u>ANEXOS</u>	72

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Performance de terneros en confinamiento consumiendo dietas altamente concentradas difiriendo en el nivel de proteína cruda. (síntesis de resultados experimentales).....	23
2. Composición de las dietas experimentales.....	31
3. Composición química de las raciones experimentales y del heno de alfalfa.....	31
4. Temperatura (T) media, máxima y mínima, y precipitaciones (PP) registradas durante el periodo experimental.....	38
5. Composición química del alimento ofrecido y del rechazado según tratamiento.....	38
6. Efecto del nivel de proteína en la ración sobre la ganancia media diaria, el consumo de MS y la eficiencia de conversión de terneros destetados precozmente consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento (28/01/2013 al 22/04/2013).....	40
7. Digestibilidad de las distintas fracciones del alimento en función de la concentración proteica en la dieta.....	43
8. Efecto del nivel de proteína cruda en la ración sobre el consumo de materia orgánica, proteína cruda y fibra detergente neutro del total y digestible.....	44
9. Absorción aparente de nitrógeno y nitrógeno retenido en función del nivel de proteína de la dieta.....	45
10. Efecto del nivel de proteína de la dieta sobre la concentración de nitrógeno ureico en sangre (NUS) y en orina (NUO).....	46

11. Efecto del nivel de proteína en la ración sobre características de la canal en terneros destetados precozmente consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.....	46
--	----

Figura No.

1. Esquema del sistema de proteína metabolizable (modelo 1 del NRC2000), indicando las distintas fracciones en las diferentes secciones del tracto gastrointestinal del bovino.....	6
2. Sistemas de alimentación para el manejo de terneros destetados precozmente.....	17
3. Distribución de los tratamientos y unidades experimentales en el espacio.....	32
4. Relación entre consumo de materia seca y ganancia media diaria.....	52

Gráfica No.

1. Requerimientos de proteína bruta de vacunos como g/100 g de alimento, según peso vivo (kg) y ganancia media diaria (kg/día).	5
2. Respuesta de la ganancia media diaria (GMD), en función de nivel de proteína en la ración.....	24
3. Efecto del nivel de proteína en la ración sobre la evolución del peso vivo de terneros destetados precozmente consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.....	40
4. Consumo medio diario de materia seca (CMS) y ganancia media diaria (GMD) en función del nivel de proteína de la ración.....	41

5.	Evolución semanal del consumo de materia seca (CMS) en cada tratamiento (kg/d) y para la media de todos los tratamientos (%PV).....	42
6.	Ganancia media diaria (GMD) y eficiencia de conversión (EC) en función del nivel de proteína de la ración.....	43
7.	Efecto del nivel de proteína de la ración sobre el nitrógeno total consumido (Ntot) y el nitrógeno excretado en heces (NH) y orina (NO).....	45

1. INTRODUCCIÓN

Los terneros de destete precoz son una categoría joven en estado de crecimiento, presentando mayores requerimientos proteicos que los animales adultos, debido al mayor peso relativo que representa la deposición de músculo con relación a la de grasa. En un escenario donde el manejo del destete precoz es realizado a campo más suplemento se recomienda el uso de concentrados con una concentración proteica de 18% de materia seca, lo cual sumado al consumo de pasturas (asumiendo una pastura de buena calidad durante el verano) aseguraría el consumo diario de una dieta con 16 % de proteína bruta (PB) aproximadamente, suficiente para cubrir las exigencias para ganancias de 550-600 g/d (Simeone y Beretta, 2002). La inserción del destete precoz a corral aparece como una estrategia que permite a de más de los buenos indicadores reproductivos la obtención de mayores pesos de los terneros, vistos estos como el producto final de los sistemas criadores. En estas condiciones de manejo donde el consumo de energía y las ganancias objetivos son mayores, generalmente los valores de concentración proteica recomendados de la dieta son entorno al 18%. Sin embargo, si bien altos consumos de proteína pueden asegurar que este nutriente no limite la ganancia de peso vivo, podría afectarse la eficiencia de conversión de la dieta, generarse un impacto negativo sobre el ambiente al incrementarse la excreción de nitrógeno, además de incrementarse el precio de la ración, afectando con ello el beneficio económico de la estrategia alimenticia empleada. Por este motivo sería de gran utilidad determinar el nivel óptimo de concentración proteica de la dieta que permita alcanzar una buena performance animal en terneros de destete precoz en confinamiento y asegure a la vez un uso eficiente de los recursos alimenticios asignados a esta categoría.

El presente trabajo tiene como objetivo generar la curva de respuesta en ganancia de peso vivo, consumo y eficiencia de conversión, en terneros de destete precoz para niveles crecientes de proteína bruta en dietas altamente concentradas bajo condiciones de confinamiento.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN

El destete precoz en confinamiento ha dado la posibilidad de manejar una dieta global o ración totalmente mezclada (RTM) de forma más ajustada a las exigencias del animal, de forma de mejorar la ganancia de peso vivo y obtener terneros más pesados (Simeone y Beretta, 2011). Ello se asocia a la posibilidad de realizar un manejo ajustado de la oferta de nutrientes con relación a la demanda minimizando las pérdidas de nutrientes. En este proceso, el ajuste del aporte proteico es fundamental dado que esta categoría presenta una alta demanda proteica y un bajo consumo diario de materia seca (Simeone y Beretta, 2011).

Estudios realizados por Vieira et al. (1980) en terneros Holstein de 9 a 12 semanas de edad reportan ganancias de 0,77 y 1,22 kg/día con niveles de 9,9 y 16,2% de proteína bruta (PB) respectivamente, en dietas que presentaban una relación de 92,5/6,5 concentrado/voluminoso. Sin embargo el rango de respuesta podría variar, dependiendo de factores como tipo racial (Orskov 1988, Coppo 2007), edad (Neville et al. 1977, Giraud 2006), tipo de dieta (Pascoal et al. 2000, Pordomingo 2005), así como la respuesta podría no ser lineal (Neville et al., 1977). Asimismo ofertas de proteína por encima de las exigencias, si bien podrían aumentar las ganancias, podrían afectar negativamente a la eficiencia de uso del N, afectando a la conversión del alimento en producto animal e incrementando la excreción de N (Bunting et al., 1989).

En la presente revisión se abordan en primer lugar diferentes aspectos relacionados con el manejo de la nutrición proteica en los vacunos, con particular énfasis en animales jóvenes, requerimientos animales y metabolismo proteico. Seguidamente se reportan antecedentes relacionados a la cuantificación de la respuesta animal (ganancia de peso y eficiencia de conversión) en relación al nivel de inclusión de proteína en la dieta y fuentes de variación, por último se analiza la relación entre el manejo de nutrición proteica y la eficiencia de uso del nitrógeno, excreción del mismo y su impacto ambiental.

2.2. REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNA EN TERNEROS DESTETADOS PRECOZMENTE

2.2.1. Expresión de los requerimientos de proteína

En el año 1985, el subcomité del National Research Council (NRC), que estudia la utilización del nitrógeno en rumiantes, presentó una revisión en la cual propone expresar los requerimientos de proteína en términos de proteína metabolizable (PM), adoptado posteriormente en 1996 por el subcomité de la Nutrición de Ganado de Carne. Este sistema tiene en cuenta la degradación ruminal de la proteína y separa los requerimientos proteicos entre necesidades de los microorganismos ruminales y del animal. La PM se define como la proteína verdadera absorbida en el intestino provista por la proteína microbiana y la proteína no degradada en rumen (Mac Loughlin, 2007).

El sistema basado en PB, erróneamente asume que todos los alimentos tienen similar grado de degradación ruminal, y que todas las dietas tienen igual eficiencia de conversión de PB a PM (Mac Loughlin, 2007).

Las proteínas constituyen, luego del agua, el componente más importante en el organismo animal, tanto por su participación cuantitativa como por las funciones que desempeñan (Church, 1993). Cuantitativamente representan en el organismo animal entre un 15 y un 20% de la masa total. Cerca de la mitad se encuentra contenida en el tejido muscular, 30% en tejidos conjuntivos, esqueleto, piel y producciones asociadas tales como pelos y pezuñas, y el restante 20% en otros elementos funcionales constituyendo catalizadores orgánicos responsables de las reacciones metabólicas, membranas celulares, elementos de protección (anticuerpos), de transporte (hemoglobina en sangre, lipoproteínas de densidades variadas), reguladores del metabolismo (hormonas), y en ciertos casos, útiles como fuente de energía, aunque no son importantes como tal, ya que su principal valor radica en su capacidad de construir y renovar tejidos corporales (Bruggink, 1993).

Las proteínas, además de ser necesarias para mantener los procesos biológicos, lo son para reposición de tejidos y sangre y para la formación de tejido muscular, siendo el principal compuesto orgánico de los órganos y tejidos blandos, cuyas funciones generales son estructurales, de motilidad y de protección. Por tal motivo, son vitales para el correcto funcionamiento del organismo animal y requieren de su consumo, ya que su deficiencia acarrea diversos y variados trastornos (Kolb, 1976).

Desde el punto de vista químico, la unidad estructural que constituye a las proteínas se denomina aminoácido, los que se dividen en esenciales y no esenciales, y cuya combinación da origen a una infinidad de moléculas proteínicas distintas. Un aminoácido esencial es aquel que el animal no puede sintetizar o no puede sintetizar en las cantidades requeridas, mientras que uno no esencial es sintetizado por el metabolismo (Church, 1993). Kolb (1976), señala que la carencia altera la síntesis de proteínas y el balance de nitrógeno se hace negativo, con destrucción de proteínas estructurales, ocasionándose un adelgazamiento del animal al verse afectados especialmente aquellos tejidos donde ésta síntesis es más activa. En los animales jóvenes se retrasa el crecimiento, cesando por completo en casos donde la carencia sea prolongada, y los procesos de regeneración luego de una lesión tisular son más lentos o se interrumpen por completo, con mala cicatrización de las heridas.

Según Church (1993), los ruminantes gozan de la capacidad única de subsistir y producir sin disponer de una fuente de proteína dietética debido a la síntesis de proteína microbiana en el interior del rumen, y son capaces de crecer, reproducirse y producir a base de dietas conteniendo únicamente nitrógeno no proteico(NNP) como fuente de nitrógeno.

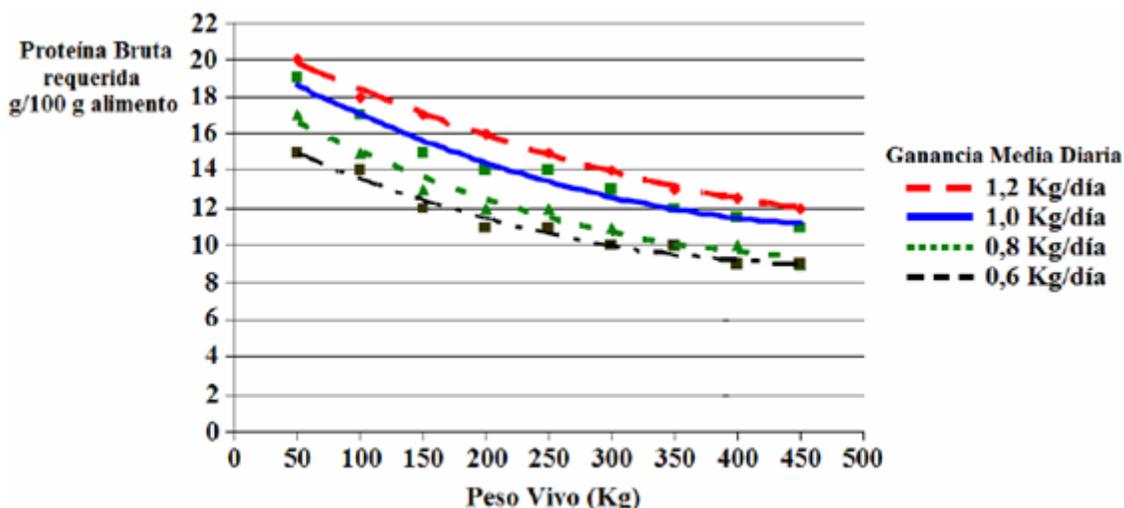
2.2.2. Factores que afectan los requerimientos proteicos

De acuerdo a Orskov (1988) las exigencias proteicas varían según el estado de desarrollo del animal debido a los cambios fisiológicos. La importancia del componente proteico de la dieta está determinada por los requerimientos del animal y por la constitución de la dieta. Los animales jóvenes, en estado de crecimiento, tienen mayores requerimientos proteicos que los animales adultos (Giraudó, 2006).

Los requerimientos de proteína para la síntesis de tejido magro en ganado de carne son máximos en etapas tempranas de desarrollo disminuyendo a medida que el animal se aproxima a su masa corporal magra objetivo, asociado esto al mayor peso relativo que representa la deposición de músculo con relación a la grasa. En tal sentido el ternero destetado precozmente (entre 60 y 90 días de edad y 70 a 100 kg de peso vivo, aproximadamente) es una categoría exigente en cuanto al aporte proteico de la dieta (Simeone y Beretta, 2011).

Pordomingo (2005) también señala que el requerimiento de proteína bruta y metabolizable decrece con el incremento de la edad, el peso del animal y el nivel de engorde (gráfica 1). Terneros al destete (más de 5 meses) tienen

requerimientos de 14 o 16% de proteína bruta y los novillos de más de 400kg del 11 a. 13%.



Gráfica 1. Requerimientos de proteína bruta de vacunos como g/100 g de alimento, según peso vivo (kg) y ganancia media diaria (kg/día).

Fuente: Pordomingo (2005).

En cuanto al peso de los animales y al nivel de engorde, Pordomingo (2005) indica que los requerimientos de proteína bruta decrecen a medida que aumenta el peso vivo del animal, pero variando según la ganancia diaria de peso, aumentando los requerimientos a medida que aumenta la ganancia. En el caso de los terneros (50 kg de peso vivo) las mayores ganancias diarias pueden ser explicadas porque destinan mayor cantidad de energía consumida al crecimiento. La categoría de novillos, en términos de requerimientos totales de proteína bruta, es más exigente, aunque porcentualmente son menores.

El requerimiento de proteína bruta, depende también de la metabolicidad de la proteína. Si la calidad de la proteína es baja y una fracción alta de la misma (superior al 35%) proviene de una fuente nitrogenada no proteica, los requerimientos de proteína bruta se incrementan para alcanzar los mínimos de metabolizable. En esos casos se puede encontrar que un ternero requiere 16% de proteína bruta y un novillo en terminación un 14% (Pordomingo, 2005).

La historia nutricional previa al ingreso a los corrales de engorde también tiene efectos sobre los requerimientos proteicos y la respuesta a la proteína de la dieta (Sainz et al., 1995). El requerimiento de proteína se incrementa con el

aumento compensatorio en el animal, donde los requerimientos proteicos se elevan en 1 o 2 puntos (ej. 14 a 16 % en terneros y de 12 a 14 % en novillos).

Orskov (1988), expresa que el genotipo y el sexo dan distintos requerimientos proteicos. En cuanto al genotipo, el ritmo de deposición de proteína corporal en razas livianas y pesadas es diferente, habiendo más requerimientos de proteína en las segundas. En cuanto al sexo, manteniéndose una misma raza y ganancia de peso, enuncia que las hembras deponen más grasa y menos proteína. Según el ARC, citado por Orskov (1988), los machos castrados contienen 10% más proteína en los aumentos de peso que las hembras, y a su vez los machos enteros 10% más que los castrados.

2.3. METABOLISMO PROTEICO

2.3.1. Proteína metabolizable

Según Mac Loughlin (2007) la PB del alimento está compuesta por 2 fracciones, proteína degradable en rumen (PDR) y proteína no degradable en rumen (PND). En el rumen, la fracción PDR es utilizada para la síntesis de proteína microbiana (PMo), la que una vez en el intestino es absorbida como PM. La PMo se considera un 80 % proteína verdadera, y de esta se digiere un 80 % (PM proveniente de la PMo = $PMo * 0,64$). La fracción PND pasa sin modificaciones por el rumen, y al llegar al intestino se absorbe como PM, asumiéndose una digestibilidad del 80 % (PM proveniente de la PND = $PND * 0,80$).

En la figura 1 se resumen los pasos que sigue la PB del alimento en el sistema de PM.

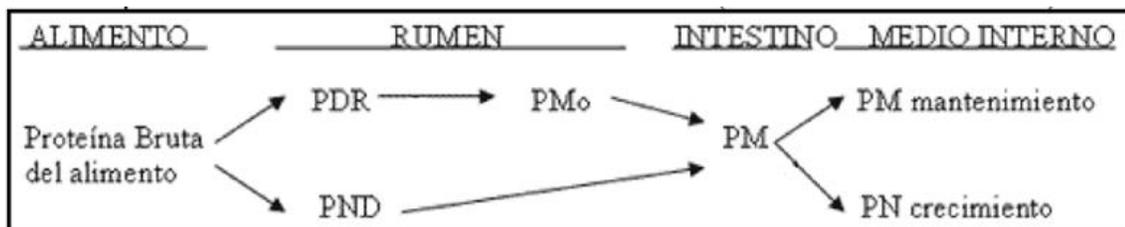


Figura 1. Esquema del sistema de proteína metabolizable (modelo 1 del NRC, 2000), indicando las distintas fracciones en las diferentes secciones del tracto gastrointestinal del bovino.

Fuente: NRC (2000).

La PM originada de la PMo y la PND, una vez absorbida, cumple las funciones de mantenimiento y crecimiento del animal (Mac Loughlin, 2007).

La PMo puede aportar entre un 50 y 100 % de los requerimientos de PM en el ganado bovino de carne. La eficiencia en la síntesis de PMo en rumen es un factor crítico si se pretende cubrir los requerimientos proteicos en forma económica; por lo tanto la predicción de la producción de PMo es un componente importante en el sistema de PM (NRC, 2000).

La cantidad de nitrógeno utilizado en el rumen para la síntesis microbiana es función de la cantidad de energía disponible para el crecimiento microbiano. Para estimar dicha energía se utiliza el valor de nutrientes digestibles totales (NDT), que es un indicador de la disponibilidad de energía para la síntesis de PMo (NRC, 2000).

Burroughs et al. (1974), propuso una eficiencia del 13% del NDT ingeridos para la síntesis de PMo (13 gramos de PMo por cada 100 gramos de NDT). Este valor no contempla todas las situaciones ya que en raciones de muy alta o baja digestibilidad la eficiencia es menor. Las raciones de muy alta digestibilidad están compuestas mayoritariamente por concentrados energéticos, lo que reduce el pH ruminal y el turnover bacteriano, produciendo una disminución de la eficiencia de conversión de la proteína y la energía a PMo. A su vez en raciones de baja digestibilidad, la síntesis de PMo también es menor, principalmente por una reducción de la tasa de pasaje lo que conduce a un mayor gasto energético para el mantenimiento microbiano y una menor eficiencia en la síntesis de PMo.

El aporte de PM y/o su composición aminoacídica pueden resultar en factores limitantes para la expresión del potencial de crecimiento, afectando además a la eficiencia de conversión del alimento. Dietas con similar aporte de proteína cruda pueden variar en el aporte de PM dependiendo de la degradabilidad efectiva de la proteína en el rumen, del aporte de energía y de la eficiencia microbiana para la síntesis proteica (Simeone y Beretta, 2012). En tal caso, el aporte de fuentes proteicas que contribuyan con un mayor aporte dietario de PND, ofrecería la posibilidad de ajustar de forma más precisa los requerimientos de algunos aminoácidos indispensables, lo cual podría mejorar la ganancia de peso y/o la eficiencia de conversión en estas categorías altamente exigentes (Simeone y Beretta, 2011).

2.3.1.1. Variables que afectan el consumo de proteína metabolizable

De acuerdo a Goetsch y Owens (1993) bajo nitrógeno en el rumen puede limitar el consumo de materia seca, la reducción del crecimiento microbiano y en consecuencia la velocidad de desaparición de alimento. En tanto que un aumento en el nivel de proteína proporciona una mejor digestibilidad de la materia seca, fibra detergente acida y almidón, y mayor retención de nitrógeno por el animal (Veira et al., 1980).

Otros factores pueden afectar la eficiencia en la síntesis de PMo. En relación con el amonio, algunos aminoácidos y péptidos preformados promueven una mayor síntesis de PMo. El tipo de carbohidratos (estructural vs. no estructural) en la ración puede afectar la producción de PMo, modificando las tasas fermentación, pasaje, y el pH ruminal. El nivel de consumo de materia seca también es importante, ya que altera el pH y la tasa de pasaje (Mac Loughlin, 2007).

Ellis et al. (2000) sugirieron que la capacidad de llenado del rumen y la velocidad de vaciado del mismo estarían regulados metabólicamente por el aporte de aminoácidos al animal y encontraron que el aumento en el flujo de PM al duodeno aumenta la velocidad de vaciado (en forrajes de alta calidad) y el umbral de llenado ruminal (en forrajes de baja calidad) lo cual lleva a un aumento en el consumo de alimentos.

El aumento en el flujo de PM al duodeno mejora la relación PM:EM (Energía metabolizable) absorbida por el animal, lo cual crearía una señal metabólica (aumento en la utilización del ácido acético por los tejidos) que estimularía el consumo de alimentos (Leng, 1990).

2.3.2. Factores que afectan la degradación de la proteína en el rumen

Aunque existen diversos factores que afectan la cantidad de proteína bruta de la ración que se degrada en el rumen, la cantidad de proteína degradada depende principalmente de la solubilidad, de la relación entre el ritmo o velocidad de degradación del substrato y el tiempo de permanencia de este en el rumen (Tamminga, 1979).

La degradación ruminal de la proteína ha sido descrita por varios modelos que consideran que la fracción de proteína bruta de los ingredientes está compuesta a la vez por múltiples fracciones que difieren en su ritmo de

degradación. En todos los casos la desaparición de la proteína en el rumen es el resultado de la acción simultánea de la degradación y del ritmo de paso (Gargallo, 2006).

Durante mucho tiempo se ha asumido que la degradación de la proteína está condicionada por su solubilidad en el líquido ruminal, ya que los compuestos solubles se degradan más rápidamente debido a una mayor facilidad de acceso por parte de los microorganismos ruminales (Owens y Zinn, 1988). Por ejemplo, las glutelinas y prolaminas son insolubles y se degradan lentamente, mientras que las globulinas son solubles y muy degradables en el rumen (Romagnolo et al., 1994). Sin embargo, no existe una relación universal directa y simple entre la solubilidad de la proteína y su degradabilidad ruminal, ya que algunas proteínas muy solubles son poco degradables, como la albumina (Mahadevan et al., 1980).

En general la correlación entre la solubilidad de la proteína y las estimaciones de degradabilidad fue baja, indicando que la solubilidad de la proteína no es un buen predictor de la degradabilidad ruminal. Aun así, la solubilidad puede ser utilizada para comparar la degradabilidad ruminal de muestras de un mismo suplemento, pero no entre distintos suplementos (Stern y Satter, 1984).

Las características principales de la proteína de la ración a tener en cuenta en relación a su degradabilidad ruminal son: las proporciones de NNP y proteína verdadera, y las características físicas y químicas de esta fracción de proteína verdadera (NRC, 2000). Los compuestos de NNP se degradan tan rápidamente en el rumen que se asume que su degradación es del 100 % (Sniffen et al., 1992). A diferencia del NNP, la degradación de las proteínas verdaderas es muy variable.

Nava y Díaz (2001) establecen que a medida que las proteínas y el NNP entran en el rumen, son atacados por enzimas microbianas extracelulares, mayormente endopeptidasas, formando péptidos de cadena corta como sustrato terminal. Estos péptidos, originados extracelularmente, son absorbidos por los microorganismos, donde en su citosol son degradados a aminoácidos y utilizados para la formación de proteína microbiana.

Existen una serie de tratamientos químicos, como el formaldehído, que reduce la proteólisis. También, cuando se trata con calor (>80-100 °C) a la proteína de un alimento, se producen uniones con otros compuestos, es el caso de los CHO, disminuyendo significativamente la degradación ruminal. La proteína dietaria tratada con cualquiera de los métodos señalados incrementa su pasaje llegando al intestino delgado, para su posterior digestión y absorción. Sin embargo, cuando se exceden los límites de protección, por temperaturas superiores a los 150 °C o dosis muy altas de formaldehído, se reduce la digestión de esa proteína en el intestino (Fernández Mayer, 2001).

La solubilidad y la degradación de la proteína en el rumen puede verse afectada por cambios en el pH ruminal. Cuando se usan dietas que reducen el pH ruminal, como por ejemplo niveles de concentrados por arriba del 1,5% del peso vivo, acompañados a veces por altos consumos de MS, se reduce la proteólisis y la actividad de los microorganismos del rumen (Fernández Mayer, 2001).

Otro factor que puede afectar la degradabilidad de la proteína son las condiciones de almacenaje de los granos. Durante el almacenaje de granos, es común que por efecto de la humedad o del aire, se eleve la temperatura de los mismos, reduciendo la degradabilidad de la proteína y su posterior aprovechamiento. Al igual que ocurre con la sobreprotección de las proteínas por efecto del calor, se pueden generar enlaces resistentes con los CHO, disminuyendo notoriamente su digestión intestinal (Fernández Mayer, 2001).

2.3.3. Sincronización energético-proteica

La sincronía entre la degradación de los carbohidratos y la disponibilidad de proteína en rumen, optimiza la utilización de PDR. En animales alimentados en base a forrajes, es común que la degradación de la PDR sea bastante más rápida que la disponibilidad de energía a partir de la Fibra Detergente Neutro (FDN); así como lo inverso ocurre con raciones donde los cereales son el principal ingrediente, pronta disponibilidad de energía con lenta degradación de la PDR. Parte de esta asincronía puede ser compensada debido al reciclaje de la urea, y por el aumento de la cantidad de comidas diarias tal como ocurre en animales en feedlot (Mac Loughlin, 2007).

Respecto al nivel óptimo de PDR que se requiere para proveer una apropiada concentración de N-NH₃, no ha sido definido aún con claridad. Hoover y Stokes (1991), sugieren que para no afectar la síntesis de PM el nivel de PDR de la dieta debiera ser superior al 10-11 % (base seca). Es más, estos autores consideran que el máximo crecimiento de los microorganismos

ruminales se obtiene cuando el contenido de PDR oscila entre el 14 al 15% (base seca).

En condiciones donde existe un buen balance entre la energía y la proteína se favorece la producción proteica a partir del crecimiento microbiano. La fermentación de la glucosa con la consecuente producción de ácidos grasos volátiles (AGV) se incrementa y la producción de amoníaco es baja, porque la mayor parte del nitrógeno se encuentra incorporada a la proteína microbiana (Nava y Díaz, 2001).

En aquellas situaciones en las cuales la dieta es rica en alimentos fibrosos (60-100% de fibra y alto en celulosa), la fermentación se encuentra regulada por la actividad de microorganismos celulolíticos. Ello resulta en periodos prolongados de rumia, entre 45 y 70 minutos por kg de MS, producción de saliva abundante, aproximadamente 12 a 14 litros por kg de MS, pH ruminal en torno a 6,2 y 6,8, favorable para la digestión de la celulosa, y en una elevada producción de acetato. La concentración y la velocidad de absorción de AGV es relativamente baja, donde la capacidad de los animales para utilizarlos supera la síntesis (Nava y Díaz, 2001). Por el contrario, como lo indican estos últimos autores en una dieta rica en concentrados (más del 60% en granos de cereales), proliferan aquellos microorganismos amilolíticos, con alta especificidad de sustrato y alta velocidad de multiplicación, lo que resulta en una alta velocidad de fermentación. Esto ocasiona periodos cortos de rumia, entre 35 y 45 minutos por kg de MS, producción de saliva relativamente baja, de 10 a 12 litros por kg de MS, un pH ruminal en torno a 5,4 y 6,0, favoreciendo la digestión del almidón, y una elevada producción de propiónico. En éste caso, la concentración y velocidad de absorción de los AGV es alta.

De acuerdo a Nava y Díaz (2001), las proteínas consumidas por el animal son en su gran mayoría degradadas por los microorganismos presentes en el rumen, dando origen a la proteína microbiana, digeridas posteriormente en el intestino del rumiante. Por ello, maximizar la cantidad de proteína microbiana que alcance el intestino permite optimizar el aporte de proteína al animal.

Sin embargo, Cole y Todd (2008), han constatado que en animales en confinamiento consumiendo dietas altamente concentradas, el sincronismo no siempre refleja un resultado positivo en la performance animal, explicado por el reciclaje de N y otros mecanismos fisiológicos que generan variaciones de aporte de N a nivel ruminal.

Como se anticipara en párrafos anteriores, existe una relación directa entre el contenido proteico y el energético de una ración para alcanzar un

máximo aprovechamiento de ambos componentes. La EM de un alimento puede ser afectada significativamente por el nivel de consumo. A medida que se incrementa el consumo de MS se reduce la EM de la ingesta, producto de un aumento en la tasa de pasaje. Es decir, disminuye el tiempo de retención de la misma en el rumen (AFRC, 1993).

En estos casos, cuando el abastecimiento de energía es inadecuado, el animal recurre a la fermentación de la proteína verdadera dietaria para generar energía, incrementándose la producción de N-NH₃. Esta situación trae aparejado una disminución en la utilización de este compuesto y con él, una ineficiencia en el uso de la proteína verdadera dietaria al aumentar las pérdidas de nitrógeno vía urinaria (Fernández Mayer, 2001).

Un proceso inverso ocurre en dietas con alta densidad energética, como los granos o concentrados. Con estos suplementos se requiere una menor ingestión de MS para satisfacer las demandas en energía metabolizable del animal. Por ello, en estos casos, se debe elevar el contenido proteico de la ración al disminuir el consumo de MS total (Broster y Oldham, citados por Fernández Mayer, 2001).

Según Russell et al. (1992), una disminución en la PDR lleva a una reducción en el rendimiento de la fermentación de los carbohidratos, por lo que obtendremos menos producción de AGV y por lo tanto una menor eficiencia de la energía de la dieta. Por eso una deficiencia de proteína degradable puede provocar una reducción de la performance animal por más que se cumplan los requerimientos de proteína metabolizable.

Todo indica que una óptima sincronización, en tiempo y forma, entre la CHO y PDR mejoraría la eficiencia y cantidad de PM (Fernández Mayer, 2001).

Normalmente, en el sistema a corral se mezclan todos los ingredientes de la dieta en un mixer, llegando al rumen en forma simultánea los diferentes componentes del alimento. De esta manera y favorecidos por el sincronismo energía-proteína se desarrollan los distintos procesos metabólicos. Asimismo, se amortiguan las fluctuaciones del pH ruminal, mejorando el desarrollo de los microorganismos y con ellos, la digestión de la fibra (AGV). Esto no ocurre en el sistema pastoril, donde es casi imposible que se produzca un encuentro simultáneo de los distintos componentes de la dieta a nivel ruminal. Esta es una de las principales diferencias entre ambos sistemas, lo que ocasiona menores ganancias de peso o producciones de leche respecto al sistema anterior (Fernández Mayer, 2001).

2.3.4. Amoníaco

Mediante el proceso de desaminación se obtiene el amoníaco, principal compuesto nitrogenado que utilizan los microorganismos para la síntesis de aminoácidos, proteínas y demás componentes de las células microbianas como los componentes nitrogenados de la pared celular y ácidos nucleicos. Si bien el amoníaco constituye la principal fuente de nitrógeno para los microorganismos, existen especies de bacterias que obtienen un alto porcentaje (20 a 50%) de su nitrógeno total a partir de péptidos y aminoácidos (Nava y Díaz, 2001). Es por este motivo que, Garriz y López (2002), establecen que se daría una mayor síntesis de proteína microbiana y una mayor eficiencia en el uso del nitrógeno cuando las dietas con alto contenido de NNP son suplementadas con proteína verdadera.

Según Mac Loughlin (2007) para que el reciclaje y la absorción de amonio estén balanceados debemos considerar al requerimiento de PDR (incluyendo el Nitrógeno No Proteico) igual a la capacidad de síntesis de PMo. Esto asume que la pérdida de amonio debido al pasaje hacia el duodeno y a través de las paredes del rumen, se equilibra con el amonio reciclado. Dicho de otra manera, la deficiencia de amonio en el rumen estimula la toma del mismo a partir del ciclo de la urea; y a la inversa, el exceso promueve la absorción a través de la pared ruminal.

El amoníaco producido en el rumen por encima de la capacidad de los microorganismos para asimilarlo se absorbe directamente a través del epitelio del rumen, hasta la sangre y el resto (en la mayoría de los casos, la mayor parte), pasa con los alimentos digeridos hasta el intestino donde es absorbido, llega a la sangre y luego al hígado. La mayor parte de la urea formada en el hígado se excreta a través de la orina; una parte (hasta el 20 %) es reciclada al rumen con la saliva o por difusión directa desde la sangre a través de la pared del rumen (Bondi, 1988).

La capacidad del hígado para transformar el amonio en urea (detoxificación) es muy alta pero no es ilimitada, por lo tanto al superarse tal capacidad se pueden producir severos daños clínicos en el animal. Sin embargo, normalmente no se registran casos de toxicidad en vacunos pastoreando forrajes con alto contenido de nitrógeno. No obstante, se sospecha que puede haber toxicidad subclínica o alteraciones del metabolismo (Di Marco y Aello, 2002).

Debe recordarse que el amoníaco prácticamente no posee ningún valor nutritivo, pues si éste no es transformado en proteína microbiana, será absorbido por el rumen y eliminado a través del hígado, riñones y finalmente en la orina bajo la forma de urea (Escalona et al., 2007).

Aproximadamente el 90 % del nitrógeno total presente en el contenido ruminal, se encuentra en forma insoluble. El nitrógeno del pool disuelto, aproximadamente el 10 % del nitrógeno total, es principalmente nitrógeno amoniacal (el 70 % por término medio), y el resto es una mezcla de aminoácidos libres y péptidos. El amoníaco se encuentra en una concentración que oscila entre 2 y 50 mg por 100 ml, dependiendo de la ración y del tiempo transcurrido desde la ingesta; la concentración máxima de amoníaco se alcanza generalmente unas dos horas después de la ingesta de los alimentos que aportan proteína (Garriz y López, 2002).

Buttery (1977) plantea que existe una relación entre el contenido de proteína de la ración, la concentración de amoníaco ruminal y la síntesis de PMo. Dicho autor plantea que la máxima síntesis de PMo se obtendría con concentraciones de proteína de la ración cercanas al 12-13%. Sin embargo, esto dependerá de la composición de la dieta y del estado fisiológico del animal.

Satter y Roffler (1977) también plantean que la concentración de PB en la dieta a la cual se produce el máximo crecimiento microbiano, es de 12-13 %. Por encima de estos niveles, la concentración de amoníaco se incrementa sin aumentar la producción de PMo. Este valor de PB en la dieta no es para nada fijo, ya que variará según el contenido de energía fermentecible, la cantidad de NNP y la PDR.

Dichos autores plantean que el grado de aprovechamiento del amoníaco ruminal dependerá del número de bacterias y su velocidad de crecimiento. Este proceso está ligado íntimamente con la cantidad de energía disponible para las bacterias. Raciones con altas cantidades de concentrado o materia seca digestible podrán aprovechar más eficientemente el amoníaco ruminal que aquellas con elevado contenido de forrajes, ya que las primeras contienen una mayor cantidad de energía fermentecible.

A pesar de la gran importancia del amoníaco para el crecimiento de los microorganismos del rumen, no pueden nunca utilizar completamente el amoníaco presente en el rumen, ya que existe un límite en la cantidad que

pueden fijar estos microorganismos. La síntesis de proteína en el rumen alcanza un máximo cuando la concentración de amoníaco en el rumen se encuentra entre 5 y 8 mg por 100 ml (Satter y Roffler, 1977).

Asimismo, la tasa de absorción del amonio a través de las paredes de los microorganismos es dependiente del pH y de la concentración de amonio en rumen. La absorción es rápida a pH 6,5 o más alto, declina a medida que éste descende, y se hace prácticamente nula con un pH de 4,5. Por otro lado, la absorción de amonio se incrementa a medida que aumenta la concentración ruminal de este compuesto. Sin embargo, se encontraron efectos tóxicos cuando las concentraciones de amonio superan los 100 mg/dl, el pH ruminal está por arriba de 8 y la concentración de amonio en el plasma sanguíneo es cercana a los 2 mg/ dl (Aldrich, citado por Fernández Mayer, 2001).

Stritzler et al. (1983) indican que hay una relación inversa entre la tasa de transferencia de nitrógeno del plasma al rumen, a través del ciclo "rumino-hepato-salival", y la concentración de amoníaco en el rumen. Solo en condiciones de bajos niveles de amoníaco en el rumen, son relativamente altos los niveles de nitrógeno endógeno reciclado, que sirve como una fuente secundaria de nitrógeno para los microorganismos y un mecanismo ahorrador de este.

Las raciones pobres en nitrógeno provocan un mayor reciclaje y una menor excreción de urea en orina. En este caso (dietas pobres en nitrógeno), la principal vía de transferencia del plasma al rumen sería a través de la pared ruminal, y la transferencia por la saliva tendría una importancia secundaria. El mecanismo de control de transferencia sería indirecto y estaría involucrada en él una subpoblación de bacterias productoras de ureasa (bacterias adherentes al epitelio) (Stritzler et al., 1983).

Entonces las dietas pobres en nitrógeno al provocar una baja concentración de amoníaco en rumen, aumentan la concentración de ureasa en el epitelio y estas incrementarían la difusión de urea hacia el rumen al transformar la urea en amoníaco y crear un gradiente adecuado para que se produzca el pasaje por simple difusión de la urea a través de la pared ruminal. Estas dietas aumentan el reciclaje de nitrógeno porque la baja concentración de amoníaco limita la fermentación microbiana para un nivel energético dado (Stritzler et al., 1983).

De cualquier manera, la cantidad de nitrógeno reciclado está muy por debajo de los requerimientos microbianos. Debido a que hay una correlación negativa entre el nitrógeno de la dieta y el reciclado, la eficiencia de reutilización de la urea disminuye a medida que el consumo de nitrógeno con la dieta se incrementa. Como la urea no se almacena en los tejidos corporales, si no es transferida al tracto digestivo, se excreta en la orina (Stritzler et al., 1983).

2.4. NUTRICIÓN PROTEICA Y PERFORMANCE EN TERNEROS DESTETADOS PRECOZMENTE

Akayezu et al. (1994) indica que varios factores, tales como el consumo de materia seca, la palatabilidad, el contenido energético de las dietas de iniciación, fuente y degradabilidad de la proteína, y el sistema de alimentación (restringida vs *ad libitum*), pueden afectar la respuesta de los terneros a la suplementación con proteína.

En relación al sistema de alimentación y la concentración de PB en la dieta, Simeone y Beretta (2009) plantean que en sistemas ganaderos a pasto sobre campo natural la oferta de PB no es constante sino que varía, registrándose bajos niveles de proteína en determinadas épocas del año. Perada et al. (2008) señalan que mediante el corral de terneros de 4 a 6 meses de edad se logra un aumento en la eficiencia de conversión del alimento en carne, donde el corral ofrece la ventaja de aprovechar el mayor potencial productivo de esta categoría.

Con respecto al potencial de crecimiento del ternero asociado al biotipo, Coppo (2007) indica que los terneros cruza entre razas cebuinas y europeas, cualquiera sea su edad al destete, superan a los descendientes de razas británicas en ganancia media diaria de peso por cabeza.

2.4.1. Sistemas de alimentación en terneros

En las condiciones de producción en las que se desarrolla la cría en Uruguay, con los biotipos predominantes en el país, la performance del ternero al pie de la vaca se encuentra generalmente en el orden de los 600 gramos diarios (Simeone y Beretta, 2012).

Robison et al. (1978) observaron que la leche satisface las necesidades de mantenimiento y crecimiento en el primer mes, sin embargo, a partir del cuarto mes de vida del ternero, la producción de leche no cubriría las necesidades de mantenimiento. De acuerdo con Boggs et al. (1980), a partir de

los 60 días de edad, el ternero comienza a consumir más forraje para suplementar la dieta y satisfacer las necesidades de nutrientes para la ganancia de peso. También observaron que durante esta etapa, por kg de materia seca de forraje consumido, hubo un aumento de 0,2 kg en la ganancia diaria de los terneros. Por lo tanto, Lusby et al. (1981) informaron que los terneros pueden ser destetados con seis u ocho semanas de vida, obteniendo pesos aceptables a los 210 días de edad.

Diferentes manejos alimenticios han sido propuestos para el manejo nutricional de terneros destetados precozmente, variando el tipo y cantidad de recursos involucrados así como la performance esperada en los terneros. En la figura 2 se presenta un diagrama simplificado, de las diferentes propuestas evaluadas en la UPIC (Simeone y Beretta, 2011).

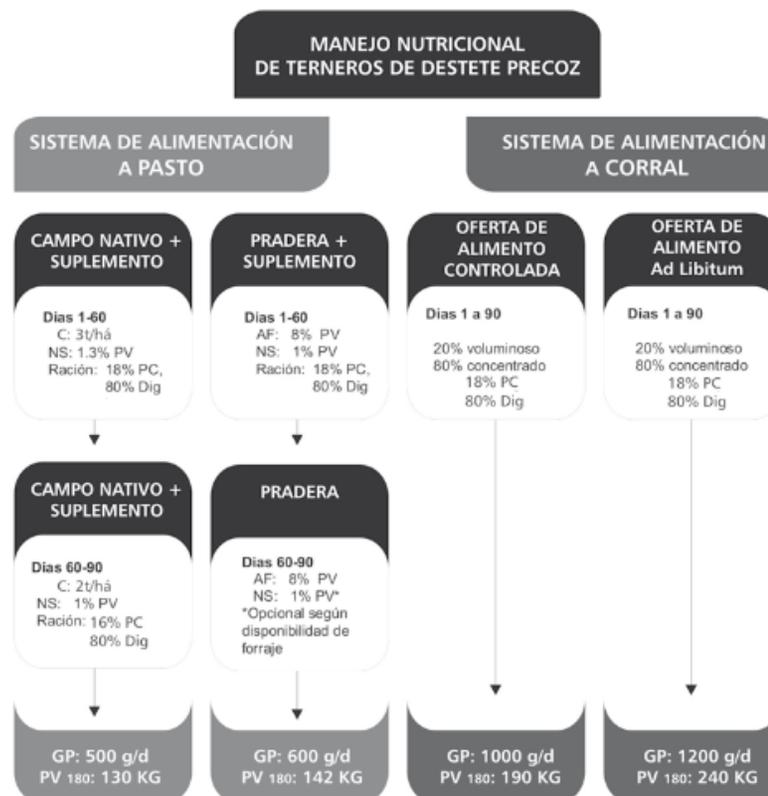


Figura 2. Sistemas de alimentación para el manejo de terneros destetados precozmente.

Fuente: Simeone y Beretta (2012).

El manejo alimenticio a corral de terneros destetados precozmente, sustituye a la suplementación en pastoreo por el suministro en corrales de una ración totalmente mezclada durante el post destete. El destete precoz a corral ofrece la posibilidad de regular a través de la composición de la dieta y nivel de suministro del alimento, el aporte diario de nutrientes y, consecuentemente, la ganancia de peso vivo de los terneros. Dietas más concentradas, con consumo de alimento a voluntad, posibilitarán ganancias de peso vivo superiores a las observadas en pastoreo, donde la ración representa en torno a un tercio del consumo total. Asimismo por tratarse de una categoría altamente eficiente en la conversión del alimento se esperará un menor consumo de alimento por unidad de incremento en el peso vivo, si se lo compara con animales de mayor edad (Simeone y Beretta, 2010). Estos conceptos concuerdan con lo reportado por Di Marco (1993). Este autor describe que categorías entre los 150 y 300 kg de peso vivo convierten en un rango de 4,5 a 5,5 kg de alimento de alto grano (base seca) por kilo de aumento de peso (4,5 a 5,5:1). Es la categoría comercial de mayor eficiencia de conversión de alimento a aumento de peso debido a que, por un lado el efecto del mantenimiento de toda la masa corporal es menor por lo que puede destinar mayor cantidad de energía consumida al crecimiento y deposición de grasa. Por otro lado, la composición de la ganancia es de mayor proporción de músculo, hueso y agua que grasa, comparados con animales de mayor edad y peso (ej. novillos en terminación).

En casos de terneros destetados precozmente sobre pasturas los concentrados que se utilizan tienen un nivel de proteína entre 18% y 21%, variable según las características de las pasturas. Es generalmente aceptado, debido a las altas exigencias nutricionales de los terneros sumados al perfil nutricional de las pasturas durante el verano, que el concentrado usado como suplemento debería tener un componente de PND del orden del 50% a 60% (Simeone y Beretta, 2002).

Pordomingo (2005) también señala que es fundamental en esta categoría controlar el nivel proteico de la dieta y mantener la oferta de nitrógeno no proteico (ej proveniente de urea) por debajo de un tercio del total del nitrógeno ofrecido. Los oferentes proteicos comunes son la harina de girasol o de soja, el afrechillo de trigo y la harina de pescado o harina de plumas.

Estudios realizados por Simeone y Beretta (2011) en terneros Hereford destetados precozmente (102,3 kg de peso vivo) observaron que la fuente de proteína utilizada afectó significativamente a la ganancia diaria de peso vivo de los terneros, observándose una menor ganancia en terneros que recibían nitrógeno no proteico como fuente de proteína (0.859 kg/d) con relación a aquellos que recibían harina de soja (0.990 kg/d) o harina de pescado (0.995kg/d), los cuales no diferían entre sí. Estos resultados parecerían sugerir

un cierto nivel de respuesta a la utilización de fuentes de proteína en la formulación que aseguraran un nivel de proteína no degradable de por lo menos 40% de la dieta. Dichos autores observaron una respuesta positiva en ganancia de peso vivo frente al aumento en el contenido PND, probablemente asociado a un aumento la absorción intestinal de PM (en cierta forma la PND compensaría una menor síntesis de proteína microbiana en una categoría con un rumen en desarrollo).

Bajo condiciones de alimentación a corral, el suministro de altos niveles de granos de cereales puede provocar deficiencias proteicas que resentirán la ganancia de peso de los animales si no recibiesen la adición de algún suplemento proteico de baja degradabilidad ruminal (Pordomingo, 2005). Asimismo, este mismo autor recomienda que también se debe controlar el nivel de macro minerales (calcio, magnesio y fósforo) ya que si la dieta se basa en granos tales como sorgo, maíz, avena y cebada será necesaria su inclusión a través de núcleos u otros oferentes minerales.

2.4.2. Efecto del nivel proteico en la dieta sobre la performance de vacunos

En general, los técnicos y agentes de extensión recomiendan altos niveles de proteínas en la dieta de terneros destetados precozmente. Estas recomendaciones se hacen empíricamente sin base científica (Pascoal et al., 2000).

Estudios realizados por Pascoal et al. (2000) en terneros de 66 días de edad y 76,4 kg de peso vivo consumiendo dietas que contienen una relación 50/50 concentrado/voluminoso no detectaron diferencias significativas para diferentes niveles de proteína en la dieta (13, 15, 17 y 19%) en el consumo de materia seca (CMS), consumo de materia seca cada 100 kg de peso vivo (CMSP), ni en el consumo de fibra detergente neutro (CFDN) y consumo de fibra detergente neutro por cada 100 kg de peso vivo(CFDNP).

Sin embargo, Neville et al. (1977) observaron respuestas cuadráticas en el consumo de MS con distintos niveles de proteína en dietas con una relación 87/13 concentrado/voluminoso asociados a niveles de 14.5, 18.9, 23.7 y 28.5% de PC en la dieta de los terneros Angus y Hereford, destetados a una edad promedio de 48 días. Una distribución cuadrática en el consumo de materia seca a medida que aumentó el nivel de proteína de la dieta también fue observado por Veira et al. (1980) en los terneros destetados razas lecheras de 8 a 12 semanas de edad, utilizando niveles de 9.9, 12.0, 14.2 y 16.2% de PC en dietas con 92.5% de concentrado.

Pascoal et al. (2000) señala que el aumento del nivel del PC, de 13 a 19% en la dieta, permitió una ganancia de peso promedio de 0,692 kg/día. Al analizar los datos por regresión lineal y múltiple observaron un comportamiento lineal (entre ganancia de peso y % de PB) en la dispersión de los resultados aunque no significativa, posiblemente debido a la proximidad entre los niveles de proteína utilizadas.

Al evaluar el desempeño de los terneros destetados de 41 días hasta 102 días de edad con dietas conteniendo de 10 a 17% de PC, Thomas et al. (1976) encontraron menores ganancias diarias para las dietas con 10% de PB y mayores ganancias para las dietas con 12 a 17% de PB, sin observar diferencias significativas entre estos últimos niveles (media 850 g/día). Neville et al. (1977) informan ganancias medias diarias de 981 g/día de terneros destetados con 48 días y alimentados con niveles de 14,5 a 28.5% de PC, citando que las mejores ganancias fueron aquellas en dietas con 18.9 y 23.7% de PC.

Veira et al. (1980) observaron grandes aumentos en las tasas de crecimiento cuando la PC de la dieta se incrementó de 9,9 a 11,7 %. Los autores señalan que dicho aumento probablemente fue explicado por un mayor consumo de alimento. Los siguientes incrementos frente a mayores niveles de PC en la dieta (13,9 y 15,8 % de PC) fueron menores, lo cual puede haber sido debido a una alteración en la composición de la ganancia, con más agua y proteínas que se depositan. Se ha observado que las proteínas pueden afectar a la composición de la ganancia en el crecimiento animal (Garrett, 1977).

En este mismo trabajo, para la eficiencia de conversión fue observada una respuesta lineal y negativa con el aumento de proteína cruda en la dieta, dado que con niveles de 9.9 y 16.2% de PC la eficiencia fue de 7.62 y 3.47 kg de MS/kg de PV respectivamente (Veira et al., 1980). Pascoal et al. (2000) también observo similar tendencia, con valores que van desde 4,51 hasta 3,98.

Estudios realizados por Neville et al. (1977) indicaron que, mayores ganancias diarias fueron generalmente asociadas a mejores eficiencias de conversión del alimento.

Según Veira et al. (1980), aumentos en el nivel de proteína de la dieta proporcionan una mejor digestibilidad de la MS, FDA y almidón, y una mayor retención de nitrógeno por el animal.

El mismo autor señala que existe un incremento lineal en la digestibilidad de la MS de 71,1% a 75,1% cuando el porcentaje de PB en la dieta aumentó de 9.9% a 16.2% respectivamente. Tendencias similares se observaron en la digestibilidad de la MO, N, FDA y almidón.

Jahn et al. (1976), observaron una interacción entre el nivel de PB (9,0, 11,5, 14,5, y 17,5%) y la concentración de la FDA (11, 18 y 25%) en la dieta. Estos autores observaron mayor respuesta al nivel de proteína, en las dietas que contienen 11% de la FDA que en las que contienen 25%, con GMD de 0,97 y 0,76 kg/día, respectivamente. Se sabe, sin embargo, que la FDA está relacionada de forma inversa a la digestibilidad de los alimentos y, por consiguiente al valor energético.

Con las dietas normales, la proteína que se encuentra disponible para la digestión en el intestino delgado de los rumiantes consta de cantidades variables de proteínas microbianas y de la alimentación. Ha sido calculado que el ternero tiene un requisito de proteína mayor al de la suministrada por los microorganismos ruminales (Chalupa, 1975).

Para satisfacer los requerimientos de proteína de los terneros, algunos alimentos proteicos deben evitar fermentación ruminal. Se observó que la harina de soja añadida a una dieta de maíz no aumentó la producción bacteriana en el rumen, pero sí se produjo un aumento en el caudal de proteína no degradable en el abomaso (Veira et al., 1980).

Veira et al. (1980) observó que en los niveles de proteína por encima de 12 % existe un uso ineficiente del nitrógeno dietético en el rumen. Si el ternero podría responder a un nivel de proteína mayor de 12%, la proteína adicional sería más eficiente si se omite a la fermentación ruminal.

En el cuadro 1 se presenta un resumen de experimentos realizados en terneros evaluando diferentes dietas las cuales difieren en la concentración proteica.

Cuadro 1. Performance de terneros en confinamiento consumiendo dietas altamente concentradas difiriendo en el nivel de proteína cruda (síntesis de resultados experimentales).

AUTORES	AÑO	EXP.	TMTO.	BIOTIPO	F. DE ENERGIA	F. DE PROTEINA	%PC	% CONCENTRADO	PESO INICIAL (KG)	PESO FINAL (KG)	CONSUMO* (KG/DIA)	GMD (KG/DIA)	EF. CONVERSION
Neville et al.	(1977)	1	1	Angus y Polled Hereford	Grano maiz, cascarrilla de algodón y pellets de bermuda	Harina de soja	14,5	91,5	74a	<i>sd</i>	2,93a	0,68b	4,31a
			2	Angus y Polled Hereford	Grano maiz, cascarrilla de algodón y pellets de bermuda	Harina de soja	18,9	92,1	74a	<i>sd</i>	3,04a	0,87a	3,49c
			3	Angus y Polled Hereford	Grano maiz, cascarrilla de algodón y pellets de bermuda	Harina de soja	23,7	91,9	74a	<i>sd</i>	3,02a	0,87a	3,47c
			4	Angus y Polled Hereford	Grano maiz, cascarrilla de algodón y pellets de bermuda	Harina de soja	28,5	91,8	74a	<i>sd</i>	2,27b	0,77b	3,6b
Veira et al.	(1980)	2	1	Holstein	Grano maiz y fardo de avena	Harina de soja	9,9	92,5	80a	<i>sd</i>	3,72b	0,77b	7,62a
			2	Holstein	Grano maiz y fardo de avena	Harina de soja	12	92,5	80a	<i>sd</i>	4,12a	1,08a	4,07b
			3	Holstein	Grano maiz y fardo de avena	Harina de soja	14,2	92,5	80a	<i>sd</i>	3,97ab	1,11a	3,89b
			4	Holstein	Grano maiz y fardo de avena	Harina de soja	16,2	92,5	80a	<i>sd</i>	4,12a	1,22a	3,47b
Akayezu et al.	(1994)	3	1	Holstein	Grano maiz molido y avena	Harina de soja	15	50	40a	<i>sd</i>	1,47c	0,71d	2,18a
			2	Holstein	Grano maiz molido y avena	Harina de soja	16,8	50	41a	<i>sd</i>	1,5c	0,75c	2,1ab
			3	Holstein	Grano maiz molido y avena	Harina de soja	19,6	50	40,6a	<i>sd</i>	1,69a	0,86a	2,05b
			4	Holstein	Grano maiz molido y avena	Harina de soja	22,4	50	41,6a	<i>sd</i>	1,6b	0,79b	2,08b
Pascoal et al.	(2000)	4	1	Braford	Ensilaje de avena y grano molido de sorgo	Harina de soja	13	50	84,8a	138,8a	2,86ab	0,644b	4,51a
			2	Braford	Ensilaje de avena y grano molido de sorgo	Harina de soja	15	50	87,1a	146a	2,95a	0,701a	4,22b
			3	Braford	Ensilaje de avena y grano molido de sorgo	Harina de soja	17	50	82,3a	140,5a	2,83b	0,693a	4,11bc
			4	Braford	Ensilaje de avena y grano molido de sorgo	Harina de soja	19	50	85,5a	146,8a	2,9ab	0,73a	3,98c
Hill et al.	(2008)	5	1	Holstein	Grano maiz, avena, melaza y aflechillo de trigo	Harina de soja	13,5	95	80,9b	<i>sd</i>	3,07ab	0,998b	3,25c
			2	Holstein	Grano maiz, avena, melaza y aflechillo de trigo	Harina de soja	15	95	78,9b	<i>sd</i>	3,06b	1,093a	3,57ab
			3	Holstein	Grano maiz, avena, melaza y aflechillo de trigo	Harina de soja	16,5	95	79,1b	<i>sd</i>	3,03b	1,113a	3,67a
			4	Holstein	Grano maiz, avena, melaza y aflechillo de trigo	Harina de soja	18	95	83,2a	<i>sd</i>	3,17a	1,111a	3,50b
Tierl et al.	(2011)	6	1	Hereford x Angus	Sorgo grano Humedo, aflechillo de trigo y fardo de moha	Expeller de girasol	13	47,8	178a	236b	3a	0,775bc	8,15bc
			2	Hereford x Angus	Sorgo grano Humedo, aflechillo de trigo y fardo de moha	Expeller de girasol	15	52,3	180a	242ab	3a	0,834ab	7,63bc
			3	Hereford x Angus	Sorgo grano Humedo, aflechillo de trigo y fardo de moha	Expeller de girasol	17	47,2	183a	253a	3a	0,95bc	6,87c

*en el experimento numero 6 el consumo es expresado como % del peso vivo.

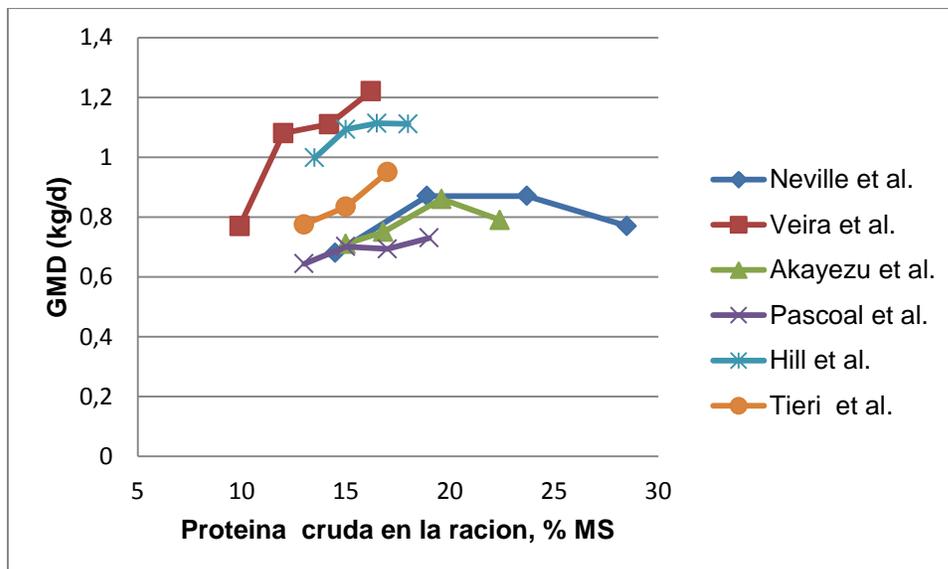
^aletras diferentes difieren significativamente dentro de un mismo experimento.

^b*sd* sin dato.

Los experimentos evaluados si bien difieren todos en los porcentajes de proteína cruda, las fuentes proteicas utilizadas fueron las mismas en la mayoría de ellos, principalmente la harina de soja, salvo el experimento de Tieri et al. (2011) donde la fuente proteica fue el expeller de girasol. En cuanto a la fuente de energía, si bien hubo mayor variabilidad en cuanto a los ingredientes utilizados, se destacan el grano de maíz, grano de sorgo y la avena.

Es de destacar que la mitad de los experimentos evaluados en el cuadro 1 presentaron una relación concentrado/ voluminoso de 50/50 mientras que la otra mitad de los experimentos fue de 90/10. En los experimentos de mayor relación de concentrado con respecto al voluminoso fue donde se observaron las mayores ganancias diarias, esto podría ser explicado por un mayor consumo de MS.

En la gráfica 2 podemos observar la respuesta de la ganancia media diaria frente a los diferentes tratamientos propuestos por dichos autores. Donde se observa que la mayores respuestas fueron logradas por Veira et al. (1980), mientras que las menores respuestas se obtuvieron en el experimento realizado por Pascoal et al. (2000).



Gráfica 2. Respuesta de la ganancia media diaria (GMD), en función de nivel de proteína en la ración.

De la gráfica 2 se observa que la mayor ganancia media diaria lograda fue registrada por Veira et al. (1980), la cual fue de 1,22 kg/d. dicha ganancia se obtuvo con el tratamiento de 16,2% de PC en la ración con un consumo restringido de MS. De aquí surge la duda si es posible lograr ganancias mayores con mayores concentraciones proteicas o con menores concentraciones pero con un mayor CMS.

Con respecto al rango de proteína considerado en los experimentos fue muy variable, donde se observan concentraciones de 9,9 % de PC en el experimento realizado por Veira et al. (1980) hasta concentraciones de 28,5 % de PC en el experimento de Neville et al. (1977). Aunque la mayoría de los experimentos estudiaron concentraciones de 13 a 19 % de PC.

En el cuadro 1 puede observarse que no se estudio un biotipo determinado sino que los distintos experimentos fueron realizados en distintas razas, donde la raza Holstein fue la más estudiada. También se observan experimentos realizados en cruza entre razas británicas como en los experimentos de Neville et al. (1977), Tieri et al. (2011), pero no los hay en razas británicas puras.

2.4.3. Capacidad ingestiva de los terneros

Estudios realizados por Thomas et al. (1976) observaron que la ecuación de regresión que relaciona el nivel de proteína cruda y el consumo de materia seca con la ganancia diaria de peso eran diferentes, ya que conforme el experimento avanzaba, la proteína y el consumo fueron igualmente importantes durante los primeros dos meses de edad. Después de los dos meses de edad, el consumo de materia seca fue mucho más importante sobre la ganancia media diaria que el porcentaje de proteína en la dieta.

El consumo (kg/d) aumenta con el aumento de peso (Itavo et al., 2002). Trabajos realizados por Pascoal et al. (2000) también afirman que el consumo de MS, así como el consumo de FDN en sus diferentes formas de expresión, aumentaron linealmente con el avance en el período experimental, lo que demuestra el aumento de la capacidad ingestiva de los terneros.

Fluharty y Loerch (1995) observaron que terneros destetados recién llegados al confinamiento registraron menores CMS. Estos autores sugirieron que para la obtención de mayores ganancias de peso durante los primeros 40 días, son necesarios altos niveles de PC en la dieta, para que el bajo consumo de MS no limite la ingesta de este nutriente.

2.5. EFECTO DEL NIVEL DE PROTEÍNA EN LA EFICIENCIA DE USO DEL NITRÓGENO

Los terneros son una categoría de alto requerimiento de proteína y de menor eficiencia de utilización del nitrógeno. Por ello, alcanzar la máxima eficiencia conlleva poner cantidades suficientes de NNP para un adecuado desarrollo bacteriano, y cubrir el resto de los requerimientos proteicos con proteína no degradable en rumen (Veira et al., 1980).

En un sistema microbiano anaeróbico, como es el rumen, la energía es el principal factor que limita el crecimiento microbiano, razón por la cual, el suministro y la eficiente utilización de esa energía para la producción de proteína es de suma importancia. La síntesis de proteína microbiana requiere además de un adecuado suministro de nitrógeno para alcanzar la máxima eficiencia. En este sentido la degradabilidad de las proteínas y el reciclaje del nitrógeno son factores condicionantes. Si el nivel de N no fuese el adecuado podría ocurrir una fermentación desacoplada sin producción útil de ATP. Si en cambio el nivel de N es excesivo, la energía puede tornarse en el factor limitante para una eficiente utilización de N. Por lo tanto, para lograr una máxima eficiencia de síntesis microbiana, el nitrógeno y la energía disponible en el rumen deben estar balanceados (Garriz y López, 2002). Los mismos autores señalan que para lograr la mayor eficiencia en la utilización de N en animales de altos requerimientos, la dieta debe proveer suficiente nitrógeno para la síntesis microbiana y cubrir el resto de los requerimientos proteicos con proteína no degradable en rumen.

Estudios realizados por Hoffman et al. (2011) en vaquillonas de raza Holstein alimentadas con diferentes niveles proteicos en la dieta (8, 11, 13 y 15% de PC) obtuvieron aumentos lineales en la ingesta de nitrógeno, en el nitrógeno fecal, nitrógeno urinario y en la absorción de nitrógeno frente a cantidades crecientes de proteína cruda en la dieta.

Santini y Dini (1986) expresan que en dietas con altos niveles de proteína, debe considerarse el exceso de amonio que se genera y que debe ser eliminado. En relación a esto Bunting et al. (1989), al suplementar dietas de concentrados con dos niveles de proteína (18,8 y 10,2 % de proteína bruta

sobre la materia seca de la dieta) en vaquillonas Angus, concluyeron que altos niveles de proteína resultan en un leve aumento en el consumo de materia seca, mientras que la retención de nitrógeno (g/día) es significativamente mayor, al igual que la cantidad de nitrógeno urinario y la eficiencia de síntesis de proteína bacteriana (g de proteína bacteriana/100 g de materia orgánica aparentemente fermentada). Sin embargo, el reciclaje de nitrógeno fue mayor en la dieta de menor nivel de suplementación, lo que coincide con la correlación negativa entre la cantidad de N consumido y el reciclaje del mismo que citan Astibia et al. (1982); por lo tanto, la eficiencia de utilización del N (unidad retenida por unidad consumida) disminuiría al incrementarse la cantidad de N consumida.

2.5.1. Exceso de nitrógeno

Según Di Marco y Aello (2002) las verdaderas causas por las cuales el amonio puede afectar la producción de carne o leche aún no están establecidas. Es posible que dicho efecto sea la consecuencia del efecto combinado del amonio afectando el metabolismo en diferentes niveles, y que no haya una causa principal.

No obstante se postula que los efectos principales podrían deberse a los siguientes efectos. Primero, por menor aporte de proteína al duodeno debido a las pérdidas de nitrógeno en rumen. Segundo, por mayor catabolismo (degradación) de los aminoácidos absorbidos, que limita la disponibilidad de aminoácidos para el crecimiento tisular, como ya se mencionó. Finalmente, por un mayor gasto de energía para detoxificar el exceso de amonio producido, que disminuye la energía disponible para producción (Di Marco y Aello, 2002).

Con respecto al metabolismo energético cabe destacar el aumento debido al costo de la síntesis de la urea, y a su vez un mayor costo energético por aumento del tamaño del hígado y de la actividad metabólica en tejido hepático por incremento en el transporte de iones asociado a la enzima ATPasas de Na/K (Di Marco y Aello, 2002).

2.5.2. Excreción de nitrógeno

En confinamiento la materia fecal y la orina forman un solo tipo de residuo, que se denomina estiércol, ya que no se pueden separar. Un vacuno excreta por día alrededor del 5 al 6% de su peso vivo. La composición en nutrientes, como porcentaje de sólidos totales secos (el estiércol tiene una humedad de 80-85%), en el estiércol recién excretado, es de: nitrógeno 3 - 4%; fósforo 1 - 2%; potasio 1,5 - 3%; calcio 0,6% (Dyer, 1975). El 70 a 80% del

nitrógeno consumido se elimina con las excretas. En la materia fecal, el nitrógeno se elimina como proteína bacteriana y proteína directa del alimento. En orina, proviene de la urea (Gil, 2006).

Veira et al. (1980) observó en terneros de 9 a 12 semanas de vida que la pérdida de N de la dieta se produjeron principalmente a través de la heces con las dietas de 9.9 y 12.0% de PC y a través de la orina en dietas con 14.2 y 16.2% de PC.

2.5.3. Impacto ambiental

En cuanto al impacto ambiental que causa el confinamiento, se puede decir que este impacto se da sobre el aire, suelo y agua. Se de calentamiento global por la emisión de gas metano, tanto por la fermentación ruminal como por la producida por las excretas en un manejo en el cual se produzca fermentación anaeróbica. Se da la producción de óxido nitroso desde el estiércol a partir de reacciones con oxígeno. El contenido de urea del estiércol es hidrolizado por las enzimas "ureasas" de microorganismos del suelo y del mismo estiércol, produciendo amoníaco que se volatiliza. Este gas, además, ocasiona un olor desagradable. Este amoníaco puede volver a precipitar en el suelo o en la superficie de cuerpos de agua (acidificación), incrementando su contenido de nitrógeno (Gil, 2006).

Los impactos sobre el suelo y el agua están causados en partes por algunos sustratos de las excretas como los nitratos y fosfatos que pueden llegar por filtración o escorrentía a los cuerpos de agua. El nitrógeno puede provenir también por precipitación del amoníaco emitido desde las deyecciones, y para ser usado por las plantas debe ser oxidado por bacterias nitrificadoras a ión nitrato. Los problemas que pueden acarrear son contaminación del recurso agua por el aumento en sus concentraciones por encima de los límites permitidos (por ejemplo nitratos 45 mg/L) y eutrofización de los ecosistemas acuáticos (Gil, 2006).

En cuanto a los impactos sobre el aire, el principal gas producido es el metano. Depende del volumen de alimento consumido y de la composición de la ración. A mayor proporción de alimento de alta energía en la dieta (almidón), menor volumen consumido con menor cantidad de materia seca. Esto cambia el tipo de fermentación con la consiguiente menor producción de metano (Hagarty, 2001).

Wilkerson et al. (1993) plantea que una alimentación excesiva de proteína cruda se traduce en un aumento de la excreción fecal y urinaria de nitrógeno, lo cual provoca una preocupación ambiental dado que la excreción de nitrógeno se correlaciona positivamente con el peso vivo del animal.

Estudios realizados por Koenig y Beauchemin (2013) en vaquillonas de raza Aberdeen Angus, observaron que un nivel de 13% de PC en la dieta sería el óptimo para cubrir los requerimientos de nitrógeno amoniacal por parte de las bacterias ruminales para la síntesis de proteína microbiana. Niveles superiores de PC en dieta fueron excretados principalmente en la orina bajo la forma de nitrógeno ureico. En términos de contaminación ambiental, el nitrógeno ureico urinario tiene un mayor impacto que el nitrógeno fecal en la emisión de amoníaco.

El conocimiento de los requerimientos de nitrógeno por parte de los microorganismos ruminales es una estrategia para mejorar la utilización del nitrógeno y así limitar la excreción del mismo, y en consecuencia minimizar las potenciales pérdidas hacia el medio ambiente (Tamminga, 1992).

2.6. HIPÓTESIS

El contenido proteico de una dieta altamente concentrada ofrecida a terneros destetados precozmente alimentados *ad libitum* en confinamiento, afecta a la ganancia diaria y su composición, así como a la eficiencia de conversión del alimento. Esta respuesta estaría mediada por cambios en el consumo de materia seca y proteína, así como en el aprovechamiento de los nutrientes consumidos y absorbidos.

A medida que aumenta el consumo de N se espera un aumento de la retención por parte del animal junto con una disminución de la eficiencia de retención, aumentando la excreción.

Dentro de determinado rango, sería posible reducir el contenido proteico de la dieta sin afectar significativamente la eficiencia de conversión.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El experimento se llevó a cabo entre el 28 de enero y el 22 de abril del año 2013 en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), Facultad de Agronomía, ubicada en el litoral norte del Uruguay en el departamento de Paysandú; a 32°20'9" de latitud sur, y 58°2'22" de longitud oeste, a 61 metros sobre el nivel del mar.

3.2. CLIMA

El departamento de Paysandú cuenta con un régimen de precipitaciones de 1218 milímetros anuales, una humedad relativa de 73% y una temperatura media anual de 17,9°C, variando entre un máximo promedio de 23,8°C y un mínimo promedio de 12,2°C (URUGUAY. MDN. DNM, s.f.). En los anexos 16, 17, 18 y 19, se presentan los registros mensuales de precipitaciones, temperatura media, y humedad relativa para los meses correspondientes al periodo experimental.

3.3. ANIMALES

Fueron utilizados 24 animales de la raza Hereford; terneros machos, castrados al nacer en la primavera del 2012. El peso promedio a la entrada del encierro fue de 107,2 ± 21,5kg). Todos los animales provinieron del rodeo experimental de la EEMAC, fueron destetados precozmente (26/12/2012) a los 80 ± 10 días de edad y con un peso de 90 ± 13,6 kilos. Desde el nacimiento hasta el destete estuvieron sobre campo natural.

3.4. INFRAESTRUCUTRA

Se utilizaron 24 corrales (uno por cada animal), siendo sus medidas de 5 metros de largo por 2 metros de ancho delimitados perimetralmente por dos hilos electrificados, ubicados sobre un terreno con una pendiente próxima a 2,5%. Cada corral contaba con un comedero, que consistió en un tanque de plástico de 200 litros cortado longitudinalmente, y un bebedero, mismo tanque pero de corte transversal. Dentro de cada corral había un área sombreada provista por una malla sombra de 1.5 metros de ancho y 2 metros de largo.

3.5. ALIMENTOS

Fueron formuladas y utilizadas cuatro raciones difiriendo en el contenido proteico y luego ofrecidas mezcladas con heno de alfalfa en una relación 90:10 (cuadro 2). La composición química de las raciones y del heno de alfalfa se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales (valores expresados como porcentaje de la materia seca).

INGREDIENTE	Raciones experimentales			
	P13%	P16%	P19%	P22%
Heno de Alfalfa	10,0	10,0	10,0	10,0
Cáscara de arroz	7,9	7,9	7,9	8,0
Grano de maíz	72,4	64,7	57,1	49,1
Harina de soja	6,6	14,3	21,9	29,8
Urea	0,53	0,53	0,53	0,53
Zoodryfeedlot	0,30	0,30	0,30	0,30
Carbonato de calcio	1,47	1,47	1,47	1,47
Sal común Na Cl	0,43	0,43	0,43	0,44
Rumensin*	0,06	0,06	0,06	0,06
Levadura beef-sacc	0,30	0,30	0,30	0,30
Total	100	100	100	100

*(10%monensina)

Cuadro 3. Composición química de las raciones experimentales y del heno de alfalfa (valor expresado como porcentaje de la materia seca).

	Raciones experimentales				Heno de alfalfa
	P13%	P16%	P19%	P22%	
MO (%)	94,3	94,2	93,2	92,1	89,5
PC (%)	11,4	15,1	17,6	21,5	15,9
FDN (%)	21,9	21,2	17,9	23,0	46,1
FDA (%)	7,8	8,8	7,3	9,4	31,5

MO: Materia orgánica; PC: Proteína cruda; FDN: Fibra Detergente Neutro; FDA: Fibra Detergente Acida.

3.6. TRATAMIENTOS

Los animales fueron distribuidos al azar, previa estratificación por peso vivo, a cuatro grupos y estos sorteados a una de las cuatro raciones experimentales (cuadro 2), difiriendo en la concentración de proteína bruta: 13%, 16%, 19%, 22% en base seca (n= 6 terneros/ tratamiento). Cada ternero fue asignado a un corral constituyendo una unidad experimental.

En la figura 3 se presenta la distribución de los tratamientos y unidades experimentales en el espacio.

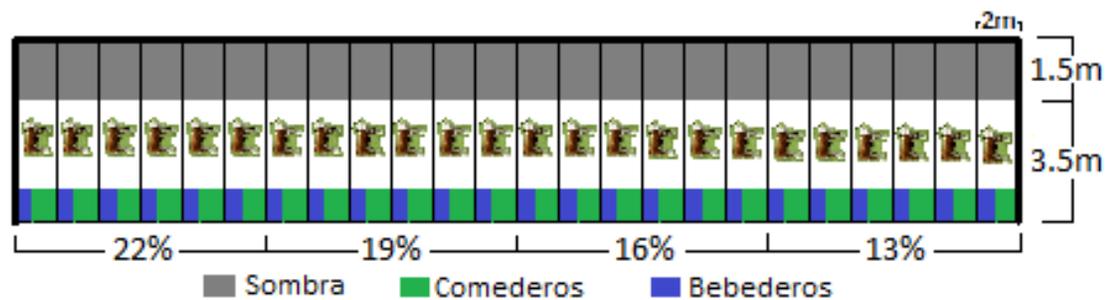


Figura 3. Distribución de los tratamientos y unidades experimentales en el espacio.

3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La evaluación abarcó un periodo de 85 días, constando de una fase inicial de acostumbramiento a las dietas experimentales de 19 días (09/01/2013 al 27/01/2013), seguido de la fase experimental propiamente dicha durante los restantes 85 días (28/01/2013 al 22/04/2013).

3.7.1. Periodo pre-experimental (9/01/2013 - 27/01/2013)

Los animales fueron introducidos gradualmente a las dietas experimentales. A inicio de este periodo los terneros estaban consumiendo una ración comercial de destete precoz (18% PC) y heno de alfalfa ofrecido a razón del 1,6% y 0,5% del peso vivo respectivamente. El acostumbramiento comenzó ofreciéndose de a 300 gramos de la ración experimental, manteniendo la ración que venían consumiendo y el fardo e incrementando diariamente 300 gramos de ración experimental, hasta que los animales alcanzaron el consumo ad libitum, luego de lo cual se comenzó a sustituir de a 300 gramos de la ración comercial por la experimental. Finalizada la sustitución de la ración, se comenzó a disminuir la cantidad de fardo, hasta llegar a una proporción de 90% ración y 10% fardo, la cual se utilizó en todo el experimento.

3.7.2. Periodo experimental (28/01/2013 - 22/04/2013)

El alimento fue ofrecido *ad libitum* y ajustada la oferta mediante “lectura de comedero”. En caso de que un 70% de los animales en el tratamiento no dejaran alimento se aumentaba la oferta en un 0,3% de peso vivo.

La disponibilidad de agua fue a voluntad, realizándose una limpieza semanal de los bebederos a fin de eliminar posibles efectos en la performance animal debido a la calidad del agua. La misma provenía de un tajamar próximo y era filtrada de manera de llegar limpia a los bebederos.

Durante todo el experimento (acostumbramiento y periodo experimental), la rutina de alimentación fue de 2 comidas diarias, de igual cantidad, una temprano en la mañana (8 hs) y la otra por la tarde (19 hs).

3.8. MANEJO SANITARIO

Los animales fueron tratados (Querato, Clostridio, Mancha y Gangrena e Ivermectina) al momento de inicio del periodo de acostumbramiento, repitiendo esta vacunación un mes después. Al inicio del periodo experimental se realizó una vacunación con NEUMOSAN.

Tanto a inicio del experimento, como en cada pesada, se trataron aquellos animales con problema de queratoconjuntivitis con polvo oftalmológico con oxitetraciclina. Diariamente los terneros fueron observados a fin de identificar posibles irregularidades de comportamiento o trastornos digestivos.

3.9. DETERMINACIONES

3.9.1. Registros climáticos

Los registros diarios de temperatura, humedad relativa y precipitaciones, para los meses correspondientes al periodo experimental fueron tomados de la estación meteorológica de la estación experimental.

3.9.2. Peso vivo

Los animales fueron pesados en forma individual cada 14 días, a primer hora de la mañana, en ayuno, sin orden de ingreso predeterminado y previo a la primer comida. Se utilizó una balanza electrónica con capacidad y precisión de $2000 \pm 0,5$ kg. Una vez pesados los animales eran devueltos a los corrales de

encierro, con distribución al azar de forma de eliminar todo efecto que pueda causar el ambiente en la performance animal.

3.9.3. Altura al anca

Se realizaron mediciones de altura al anca al comienzo y al final del periodo experimental. Estas fueron realizadas con una regla centimetrada previo a la pesada de cada animal, registrándose desde el suelo hasta la altura del anca. A su vez esta medición permito establecer la relación peso vivo-altura.

3.9.4. Área de ojo de bife y espesor de grasa subcutánea

Al inicio y fin del experimento se midió en cada ternero el área de ojo de bife (AOB). El espesor de grasa subcutánea fue registrado solo al fin del experimento, dado que al inicio del experimento no se pudo registrar dicha medida ya que eran valores insignificantes. Ambas mediciones fueron registradas mediante el uso de un ecógrafo. La primera es la medida del área del músculo dorsal largo (longuissimusdorsi) en centímetros, y la segunda se mide en milímetros a las $\frac{3}{4}$ partes del ancho del AOB. Ambas se miden por ecografía entre la 12^a y 13^a costilla, con la colocación del transductor en forma perpendicular a la posición del animal

3.9.5. Consumo

El consumo diario de MS de los animales fue estimado para cada animal como la diferencia entre la MS ofrecida y rechazada. Diariamente, previo a la primer comida se realizaba la recolección del rechazo, registrándose el peso fresco y corrigiendo este valor por el contenido de materia seca.

El ofrecido y el rechazo de cada animal fue muestreado cuatro veces durante el periodo experimental y secado en estufa de aire forzado a 60°C hasta peso constante para la determinación del contenido de materia seca. Una muestra compuesta por tratamiento, elaborada a partir del sub muestreo por animal fue reservada para posterior análisis químico.

3.10. DIGESTIBILIDAD IN VIVO

Para la estimación de la digestibilidad in vivo fue utilizado el método de recolección total (Lascano et al., 1990) el cual fue realizado durante tres días consecutivos (del 13/3/2013 al 15/3/2013) en dos terneros por tratamiento. Las heces fueron recolectadas directamente desde el suelo del corral y pesadas en fresco cada 24 horas. A su vez el alimento ofrecido también fue pesado en

fresco desde el día previo de la colecta de las heces (del 12/3/2013 al 14/3/2013).

Una sub muestra de heces y alimento por animal fueron secadas en estufa de aire forzado para la determinación del porcentaje de materia seca. Muestras compuestas por animal, fueron enviadas al laboratorio para la determinación de la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, proteína cruda y fibra detergente neutra.

3.11. MUESTREOS DE SANGRE Y ORINA

Muestreos de sangre y orina fueron tomados de dos terneros elegidos al azar por tratamiento. Se extrajo una muestra de sangre de cada ternero tomada de la vena yugular utilizando tubo de ensayo con anticoagulantes (EDTA) 4 horas después de la primer comida del día, para la determinación de la concentración de urea.

La muestra de orina, fue tomada seguidamente, colocando un recipiente de plástico en la región de prepucio para su colecta. De esta, se tomo una sub muestra la cual fue enviada al laboratorio para la determinación de la concentración de nitrógeno ureico.

A partir de estos valores se obtuvo el balance de nitrógeno, como la diferencia entre el consumo total de nitrógeno y la cantidad total de nitrógeno excretado en las heces y orina (Santos et al., 2010).

Inmediatamente después de colectar sangre entera en tubos secos con acelerador de la coagulación (NIPRO Medical Corporation), las muestras fueron centrifugadas a 5000 rpm durante 15 minutos. El suero obtenido fue alicuotado (500 uL) en freezer a menos 20 °C; hasta el momento del procesamiento de las muestras para su posterior análisis de la concentración de nitrógeno ureico.

La orina recolectada después de la homogeneización y filtración, fueron distribuidas en partes iguales de 10 ml y se diluyeron en 40ml de ácido sulfúrico 0,036 N como se describe en Valadares et al. (1997). Las muestras fueron congelados (-20 ° C) para su posterior análisis de urea, nitrógeno total y la estimación del volumen urinario a partir de la concentración de creatinina.

3.12. ANÁLISIS QUÍMICOS

Respecto al alimento, para la determinación del nitrógeno total (alimento, heces y orina) fue utilizado el método Kjeldhal. El principio básico es la

conversión del N de las sustancias nitrogenadas en amonio por medio de una digestión en caliente con ácido sulfúrico concentrado. El material orgánico se oxida a CO₂ y agua, el H₂SO₄ se convierte en dióxido sulfúrico y el N se fija en sulfato de amonio. La cantidad de sulfato de amonio se determina agregando un exceso de soda y destilando el amoníaco que es recogido en una solución de ácido bórico (standard) que lo retiene como borato de amonio. El amonio es titulado con una solución ácida de normalidad conocida. Para convertir el N en proteína en los materiales vegetales se utiliza el factor 6,25 (AOAC, 2012).

El método utilizado para la determinación de la humedad, fue exponiendo la muestra a 105°C en estufa durante 18 horas o hasta peso constante y pesando luego de éste período el residuo remanente asumiendo que la pérdida de peso se debe al contenido de agua que tenía la muestra, obteniéndose el porcentaje de materia seca (AOAC, 2012).

Los contenidos de FDN y FDA fueron determinados con tecnología Ankom (Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corporation, Fairport, N.Y) de forma secuencial (Van Soest et al., 1991).

La ceniza es el residuo inorgánico de una muestra incinerada a 600°C (AOAC, 2012).

3.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado mediante modelos lineales correspondientes a un diseño de parcelas al azar, considerándose cada animal una unidad experimental. Se utilizaron diferentes procedimientos dentro del paquete estadístico SAS (del SAS Institute).

El efecto de los tratamientos sobre la ganancia diaria de peso vivo fue analizado usando un modelo de heterogeneidad de pendientes para medidas repetidas en el tiempo, estudiándose la evolución del peso vivo en función de los días experimentales, en base al procedimiento MIXED y de acuerdo al siguiente modelo general:

$$Y_{ijklm} = \beta_0 + \zeta_j + \epsilon_{jk} + \beta_1 d_1 + \beta_{1j} \zeta_j d_1 + \beta_2 PV_{jk} + \sigma_{ijklm}$$

donde:

Y_{ijklm} : Peso vivo.

β_0 : intercepto.

ζ_j : efecto del j-ésimo nivel de proteína ($j= 1,2\dots4$).

ε_{jk} : error experimental.

β_1 : es la pendiente promedio (ganancia diaria) del peso vivo (PV) en función de los días (d_1).

β_{1j} : es la pendiente del peso vivo (PV) en función de los días (d_1) para cada nivel de proteína.

β_2 : es la pendiente que afecta a la covariable PV al inicio del experimento (PV_{jk}).

σ_{jklm} : es el error de la medida repetida en el tiempo (dentro de animales).

Para el análisis de las variables de respuesta asociadas al consumo de alimento se utilizó el procedimiento MIXED de acuerdo al modelo general:

$$Y_{jklm} = \mu + \zeta_j + \varepsilon_{jk} + S_1 + (\zeta S)_{jl} + \sigma_{jklm}$$

donde:

Y_{jklm} : consumo de materia seca, rechazo.

μ : media general.

ζ_j : efecto del j-ésimo nivel de proteína ($j= 1,2\dots4$).

S : efecto de la S-ésima semana ($l= 1, 2\dots8$).

ε_{jk} : error experimental.

σ_{jklm} : es el error de la medida repetida en el tiempo (dentro de animales).

La eficiencia de conversión (calculada para cada animal a partir del la ganancia media diaria y el consumo medio diario de materia seca para el periodo), al igual que AOB, EGS, altura final, PV-altura final, digestibilidad, AAN y Nret fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM mediante un modelo lineal general de la forma:

$$Y_{ij} = \mu + \zeta_i + \varepsilon_{ij}$$

donde:

Y_{ij} : EC, AOB, EGS, Altura final, PV-Altura final, Digestibilidad, AAN y Nret.

μ : media general.

ζ_i : efecto del j-ésimo nivel de proteína ($j= 1,2\dots4$).

ε_{ij} : error experimental.

En todos los casos, para la comparación de medias ajustadas se probaron los efectos lineales y cuadráticos, considerándose como efectos muy significativos y significativos aquello con $P < 0.01$ y $P < 0.05$, respectivamente.

4. RESULTADOS

4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS

En el cuadro 4 se detallan las temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales y precipitaciones registradas durante el período experimental.

Cuadro 4. Temperatura (T) media, máxima y mínima, y precipitaciones (PP) registradas durante el periodo experimental.

VARIABLES	Enero 28 al 31	Febrero	Marzo	Abril 1 al 22
T Media (°C)	27,9	22,7	19,5	17,7
T Máxima (°C)	37,1	38,4	31,4	28,7
T Mínima (°C)	19,3	10,4	7,7	5,7
Precipitaciones (mm)	0	142,5	136,9	63,3

4.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERIZACIÓN DE LAS RACIONES Y SUS RECHAZOS

A continuación se presenta en el cuadro 5 la composición química de la ración totalmente mezclada y del rechazado según tratamiento.

Cuadro 5. Composición química del alimento ofrecido y del rechazado según tratamiento.

	Raciones experimentales			
	P13%	P16%	P19%	P22%
Alimento ofrecido				
MS%	92,93	93,26	93,38	93,52
C%	6,17	6,23	7,13	8,16
PC%	11,86	15,19	17,42	20,93
FDN%*	24,35	23,65	20,70	25,28
FDA%**	10,17	11,06	9,75	11,58
Alimento rechazado				
MS%	92.94	92.50	93.19	93.01
C%	4.38	8.41	7.34	9.48
PC%	11.85	15.11	17.44	18.95
FDN%*	19.79	20.71	20.96	35.18
FDA%**	7.75	9.41	7.49	17.48

MS: Materia seca analítica; C: Ceniza; PC: Proteína cruda; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente acida.

* con amilasa y corregida por cenizas

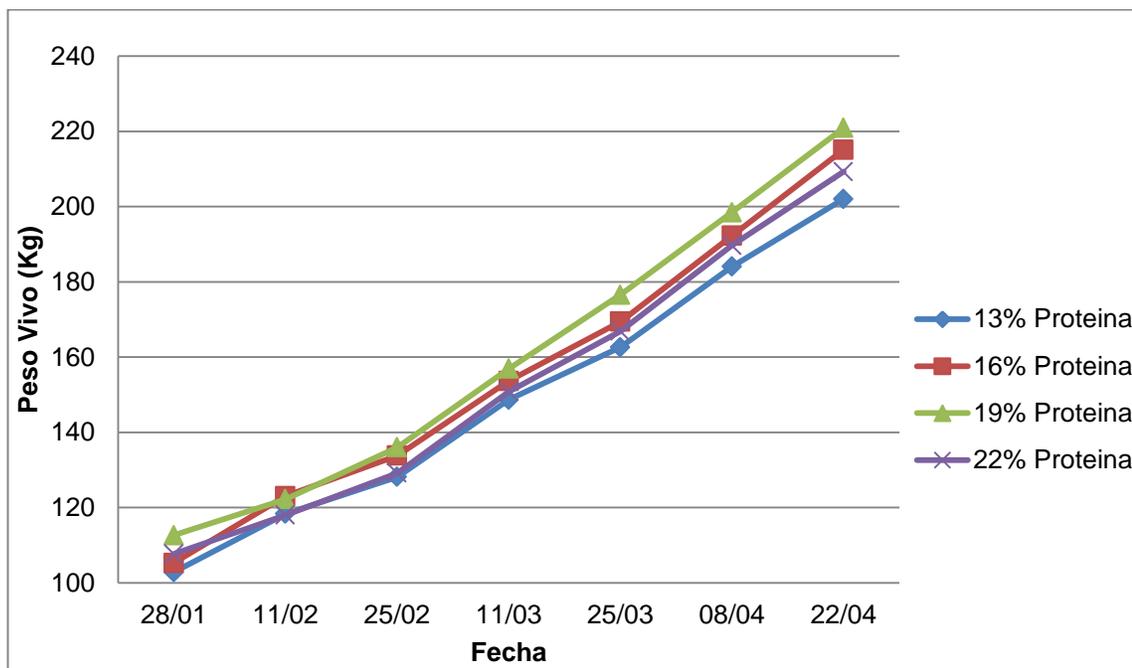
**corregida por cenizas

4.3. PESO VIVO

En la gráfica 3 se presentan las curvas de evolución de peso vivo de los animales en cada tratamiento. La respuesta observada fue lineal, siendo las pendientes de las curvas (representando a las ganancias medias diarias) afectadas por el porcentaje de proteína en la ración ($P=0,0388$, anexo 1).

El efecto de los tratamientos y las medias ajustadas por tratamiento para ganancia de peso, consumo de materia seca (kg/d y %PV) y eficiencia de conversión se presentan en el cuadro 6.

La relación entre ganancia diaria y contenido de PC de la dieta fue de tipo cuadrático ($P=0,0005$), registrándose incrementos decrecientes en la GMD por cada 1% de incremento en el contenido de PC. Una ganancia máxima de 1,33 kg sería alcanzada cuando el contenido de PC es de 17,23%.



Gráfica 3. Efecto del nivel de proteína en la ración sobre la evolución del peso vivo de terneros destetados precocemente consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

Cuadro 6. Efecto del nivel de proteína en la ración sobre la ganancia media diaria, el consumo de MS y la eficiencia de conversión de terneros destetados precocemente consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento (28/01/2013 al 22/04/2013).

VARIABLES*	Raciones experimentales				Probabilidad	
	P13%	P16%	P19%	P22%	Efecto Lineal	Efecto Cuadrático
PV Inicial (kg)	102,8	105,3	112,7	107,7	0,4028	0,5293
GMD (kg/d)	1,12	1,27	1,38	1,23	0,0203	0,0005
CMS (kg/a/d)	5,24	5,50	5,89	5,51	<0,0001	<0,0001
CMS (%PV)	3,85	3,88	3,78	3,83	0,8480	0,9499
EC	4,60	4,36	4,33	4,44	0,3185	0,1198

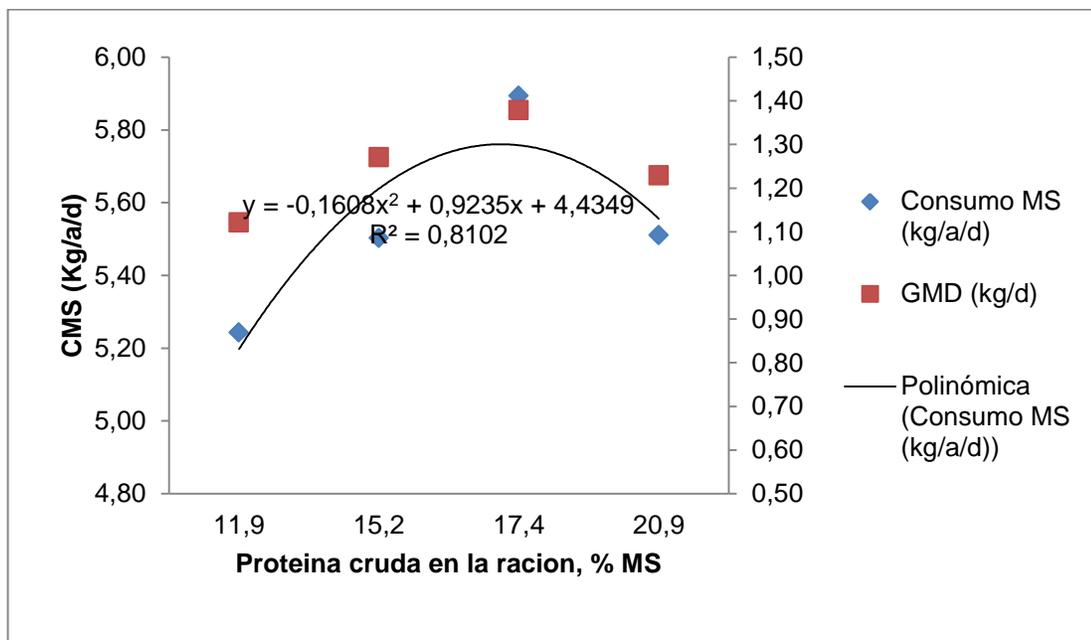
*PV: Peso vivo; CMS: Consumo materia seca; GMD: Ganancia media diaria; EC: Eficiencia de conversión.

4.4. CONSUMO

El consumo diario expresado en kilos por animal (kg/animal) fue afectado por los tratamientos ($P < 0,0001$), la semana de evaluación ($P < 0,0001$) y la

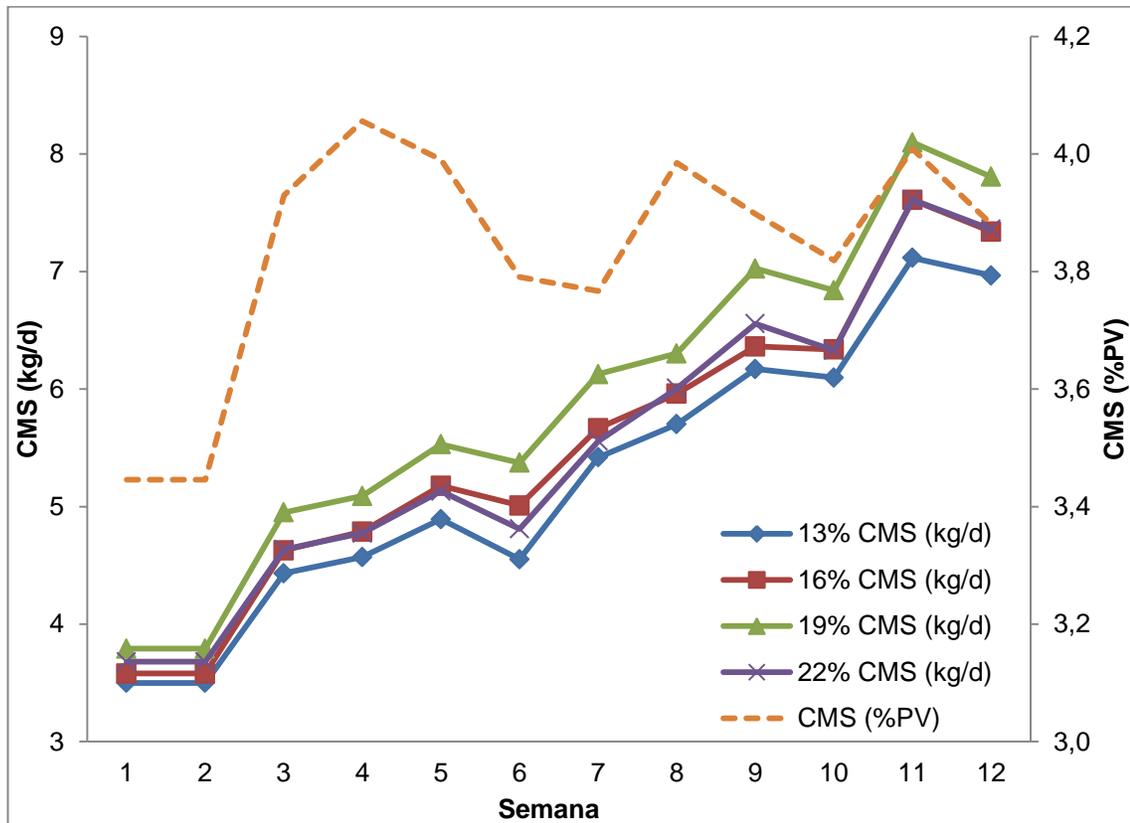
interacción semana por tratamiento ($P < 0,0001$) (anexo 2). En cambio el consumo expresado como %PV sólo varió asociado a la semana de evaluación ($P < 0,0001$) (anexo 3).

La relación entre el nivel de proteína en la dieta y el consumo de materia seca fue de tipo cuadrático (cuadro 6), observándose que, al aumentar el nivel de PC el consumo de materia seca aumenta con incrementos decrecientes hasta alcanzarse un máximo de consumo de materia seca de 5,74 kg/d con un nivel de 17,5 % de proteína cruda en la dieta (gráfica 4).



Gráfica 4. Consumo medio diario de materia seca (CMS) y ganancia media diaria (GMD) en función del nivel de proteína de la ración.

En la gráfica 5 se puede observar la evolución semanal del consumo de MS durante el período experimental.

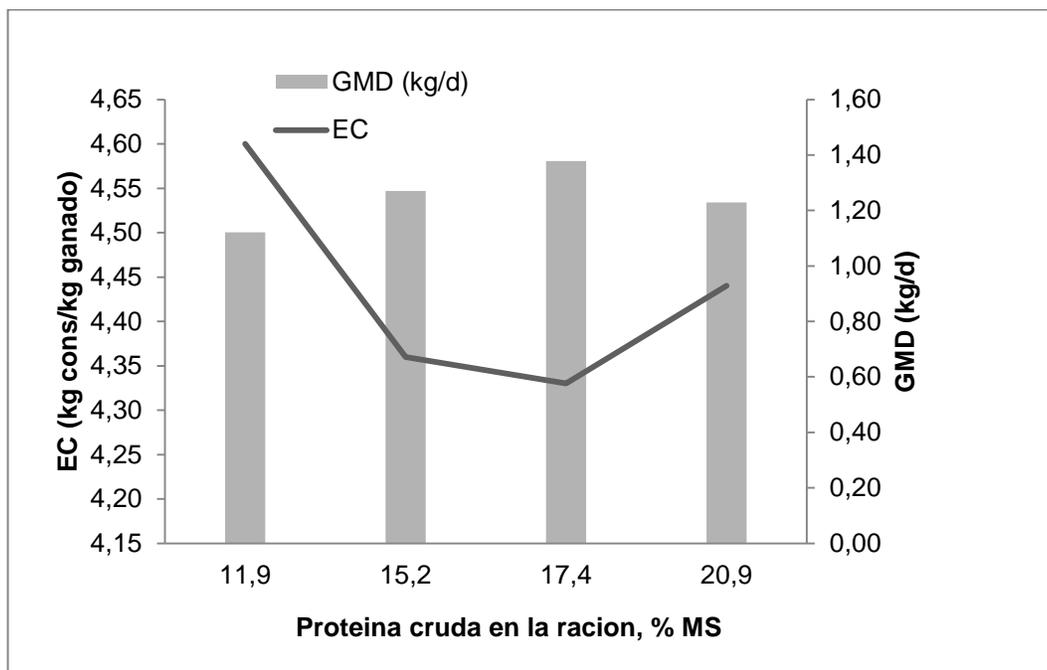


Gráfica 5. Evolución semanal del consumo de materia seca (CMS) en cada tratamiento (kg/d) y para la media de todos los tratamientos (%PV).

El efecto de la interacción tratamiento por semana fue observado a partir de la tercera semana, cuando el consumo fue aumentando gradualmente por parte de los animales y las diferencias en consumo entre tratamientos tendieron a acentuarse a medida que avanzó el experimento.

4.5. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

La eficiencia de conversión, expresada como los kilogramos MS de alimento consumido por unidad de ganancia de peso, no fue afectada significativamente por el nivel de proteína en la ración, aunque sí se observó una tendencia numérica a mejorar la eficiencia de conversión a medida que aumentó la concentración proteica en la dieta ($P=0,1198$) (anexo 5). Dicho efecto se observa en la gráfica 6.



Gráfica 6. Ganancia media diaria (GMD) y eficiencia de conversión (EC) en función del nivel de proteína de la ración.

4.6. DIGESTIBILIDAD

El nivel de proteína en la dieta afectó la digestibilidad aparente total de la materia seca ($P=0,0895$) y materia orgánica ($P=0,0867$), así como de la proteína ($P=0,0534$) y de la fibra detergente neutro ($P=0,0201$), observándose un efecto lineal positivo significativo (cuadro 7, anexo 15).

Cuadro 7. Digestibilidad de las distintas fracciones del alimento en función de la concentración proteica en la dieta.

VARIABLES ^A	Raciones experimentales				Probabilidad	
	P13%	P16%	P19%	P22%	Efecto Lineal	Efecto Cuadrático
DMS (%)	80,6	88,3	89,3	89,7	0,0895	0,2647
DMO (%)	84,3	91,0	92,3	92,0	0,0867	0,2157
DPC (%)	84,1	91,2	94,6	94,6	0,0041	0,0534
DFDN (%)	78,1	84,6	89,2	90,4	0,0201	0,3432

^A DMS: Digestibilidad de la materia seca; DMO: Digestibilidad de la materia orgánica; DPC: Digestibilidad de la proteína cruda; DFDN: Digestibilidad de la fibra detergente neutro.

En el cuadro 8 se presenta el efecto de los tratamientos y las medias ajustadas por tratamiento para los consumos totales y digestibles de las diferentes fracciones nutritivas del alimento.

Cuadro 8. Efecto del nivel de proteína cruda en la ración sobre el consumo de materia orgánica, proteína cruda y fibra detergente neutro del total y digestible.

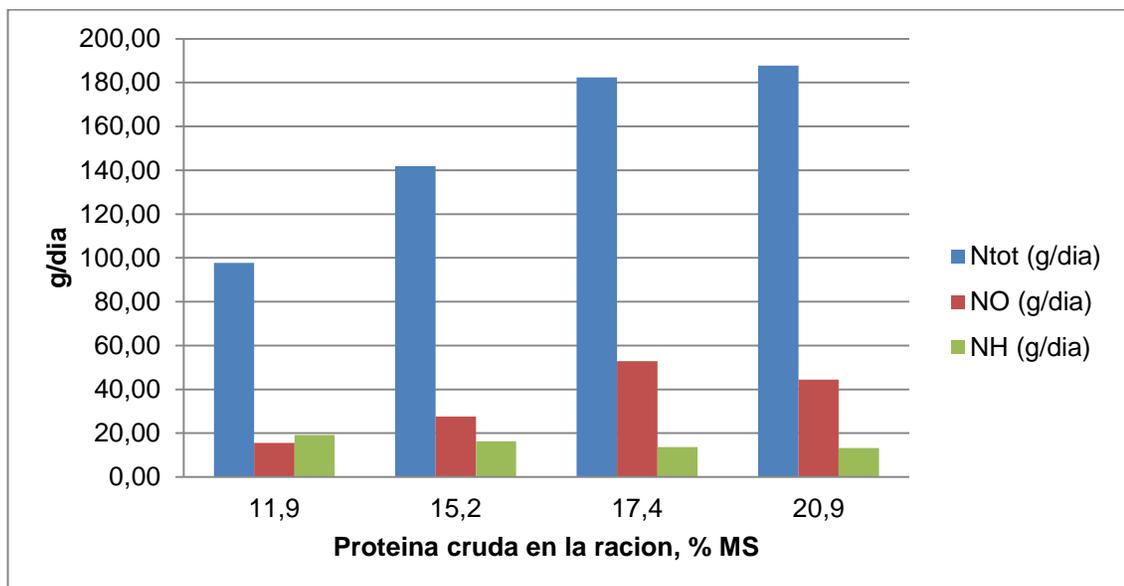
VARIABLES ^A (kg/d)	Raciones experimentales				Probabilidad	
	P13%	P16%	P19%	P22%	Efecto lineal	Efecto cuadrático
CMO	4,77	5,16	5,47	5,06	<0,0001	<0,0001
CMOD	4,02	4,70	5,05	4,65	<0,0001	<0,0001
CPC	0,62	0,83	1,02	1,15	<0,0001	<0,0001
CPCD	0,52	0,76	0,97	1,09	<0,0001	<0,0001
CFDN	1,27	1,30	1,22	1,39	<0,0001	<0,0001
CFDND	0,99	1,10	1,08	1,26	<0,0001	0,0002

^A CMO: Consumo materia orgánica; CMOD: CMO Digestible; CPC: Consumo proteína cruda; CPCD: CPC Digestible; CFDN: Consumo fibra detergente neutro; CFDND: CFDN Digestible.

Las relaciones entre el porcentaje de proteína en la dieta y los consumos totales y digestibles de las diferentes fracciones del alimento presentaron diferencias significativas, marcando una respuesta de tipo cuadrática en todas las variables analizadas. El máximo consumo de materia orgánica sería de 5,35 kg/d con un nivel de 17,2 % de PC en la dieta, en tanto que el máximo consumo de proteína cruda se obtendría con una concentración proteica de 28,2%, la cual está por fuera de los rangos evaluados. Con dicha concentración se obtendría un consumo de 1,27 kg/d de PC.

4.7. BALANCE DE NITRÓGENO

En la gráfica 7 se presenta el nitrógeno total consumido (Ntot), el nitrógeno excretado en la heces (NH) y el nitrógeno excretado en la orina (NO).



Gráfica 7. Efecto del nivel de proteína de la ración sobre el nitrógeno total consumido (Ntot) y el nitrógeno excretado en heces (NH) y orina (NO).

El nitrógeno total consumido mostró una respuesta cuadrática ($P=0,0809$) con respecto al nivel de proteína en la dieta. Con respecto al nitrógeno excretado en orina se observó una respuesta lineal ($P=0,0087$) frente al aumento del nitrógeno consumido, similar respuesta fue observada en el nitrógeno excretado en heces ($P= 0,0637$).

A partir de los valores de nitrógeno total consumido, nitrógeno en heces y en orina se obtuvieron los resultados del balance de nitrógeno, como se observan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Absorción aparente de nitrógeno y nitrógeno retenido en función del nivel de proteína de la dieta.

VARIABLES ^A	Raciones experimentales				Probabilidad	
	P13%	P16%	P19%	P22%	Efecto Lineal	Efecto Cuadrático
AAN (g/d)	78,6	125,6	168,7	174,6	0,0005	0,0484
Nret (g/d)	63,1	98,1	123,5	130,1	0,0095	0,2242
Nret (%AA)	80,6	78,1	70,1	74,3	0,2300	0,4961
AAN (%Ntot)	80,4	88,6	92,5	93,1	0,0033	0,0637
Nret (%Ntot)	64,6	69,1	64,8	69,1	0,5030	0,9751

^A AAN: Absorción aparente de nitrógeno; Nret: Nitrógeno retenido

La absorción aparente de nitrógeno obtuvo una respuesta cuadrática tanto para el análisis en gramos por día ($P=0,0484$) como para el análisis en porcentaje de nitrógeno total consumido ($P=0,0637$). Sin embargo el nitrógeno retenido (g/d) presentó una respuesta lineal ($P=0,0095$) al aumento de proteína cruda en la dieta.

En el cuadro 10 se presentan los resultados de los análisis de nitrógeno ureico en sangre (NUS) y orina (NUO) expresados en excreción diaria (g/día) y en concentración (g/L).

Cuadro 10. Efecto del nivel de proteína de la dieta sobre la concentración de nitrógeno ureico en sangre (NUS) y en orina (NUO)

VARIABLES	Raciones experimentales				Probabilidad	
	P13%	P16%	P19%	P22%	Efecto Lineal	Efecto Cuadrático
NUS (g/l)	0,07	0,09	0,12	0,17	<0,0001	0,0132
NUO (g/l)	2,90	2,32	8,05	6,79	0,0949	0,8580
NUO (g/d)	8,65	19,48	43,29	41,29	0,0041	0,1828
NUO (g/kg PV)	0,06	0,14	0,28	0,30	0,0044	0,4107

4.8. CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO

En el cuadro 11 se presentan las medias ajustadas por tratamiento, para características de crecimiento a la salida del corral.

Cuadro 11. Efecto del nivel de proteína en la ración sobre características de la canal en terneros destetados precozmente consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

VARIABLES ^A	Raciones experimentales				Probabilidad	
	P13%	P16%	P19%	P22%	Efecto Lineal	Efecto Cuadrático
Peso Final (kg)	202	215,1	220,9	209,3	0,0388	0,0003
Altura Final (cm)	104,9	107,3	106,5	107	0,1948	0,3348
PV-Altura Final	1,9	2,0	2,1	2,0	0,2470	0,0142
AOB Final (cm ²)	40,6	42,9	42,5	39,4	0,5905	0,1345
EGS Final (mm)	3,6	3,3	3,7	4,0	0,2647	0,3579

^A PV: Peso vivo; AOB: Área de ojo de bife; EGS: Espesor de grasa subcutánea dorsal.

El nivel de proteína en la dieta afectó en forma cuadrática el peso y la relación peso vivo/altura final. La altura final, AOB y EGS no difirieron entre tratamiento (anexos 7 y 8).

5. DISCUSIÓN

5.1. REGISTROS CLIMÁTICOS

Las variables climáticas que se presentaron durante la fase experimental, no se diferenciaron en gran manera de lo que sería un año promedio (URUGUAY. MDN. DNM, s.f.).

Las precipitaciones registradas para los meses de febrero, marzo y abril fueron de 342,7 mm en tanto que las precipitaciones históricas acumuladas son de 353 mm (URUGUAY. MDN. DNM, s.f.). La temperatura media registrada en el periodo experimental (19,9 °C) fue similar con respecto a los registros históricos, para el periodo febrero – abril (21,1°C, URUGUAY. MDN. DNM, s.f.). Por lo tanto los resultados en performance obtenidos no se habrían visto particularmente influenciados por un “efecto año”.

5.2. PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA

En terneros de destete precoz alimentados con dietas altamente concentradas, donde el nivel de proteína de la dieta varió en un rango entre 12 y 21 % se registraron diferencias significativas en ganancia media diaria y peso vivo a la salida del corral. En ambas variables se observó una respuesta cuadrática frente al aumento de la concentración proteica en la dieta, donde la concentración óptima estimada para lograr la mayor ganancia media diaria fue de 17,2 % de PC. Estos resultados coinciden con lo planteado por Tieri et al. (2011), quienes señalan que en terneros cruza Hereford x Angus, alimentados con dietas difiriendo en la concentración proteica (13, 15 y 17 % de PC) y una relación concentrado/voluminoso de 50/50 reportaron la máxima ganancia diaria, y en consecuencia el mayor peso final, con 17 % de PC en la dieta.

Veira et al. (1980) en cambio observaron una respuesta lineal, donde la ganancia de peso vivo aumentó con el aumento de proteína cruda en la dieta, desde 0,77 kg/d con 9,9% de PC a 1,22 kg/d con 16,2% de PC. La diferencia entre la respuesta (lineal) observada por Veira et al. (1980) y la observada en el presente experimento (cuadrática) puede ser explicada por los rangos de proteína evaluados. Dado que en el experimento realizado por Veira et al. (1980) el máximo nivel de proteína evaluado fue de 16,2 % de PC, mientras que en el presente trabajo fue de 20,9 % de PC. La respuesta observada de la ganancia media diaria frente al aumento de proteína en la dieta en este experimento disminuye a partir de 17,2 %, lo que podría explicar el comportamiento cuadrático.

Ganancias diarias similares a las registradas en el presente experimento, fueron observadas en estudios realizados por Simeone y Beretta (2012). Donde terneros de raza Hereford, de 98,5 kg de peso vivo, alimentados en base a una dieta de 19% de PC y una relación concentrado/voluminoso de 92/8, obtuvieron una ganancia diaria de 1,226 kg/d.

Sin embargo, Thomas et al. (1976) al evaluar dietas en terneros Holstein con una relación concentrado/voluminoso de 95/5 conteniendo de 10 a 17% de PC, encontraron ganancias diarias menores para las dietas con 10% de PC y mayores para dietas con 12 a 17% de PC, sin observar diferencias significativas entre estos niveles (media 850 g/día).

Neville et al. (1977) señala que para obtener 0,9 kg de ganancia diaria en terneros con un peso vivo promedio de 100 kg, N.R.C. indica un nivel proteico de 16,4 % en la ración para proporcionar 0,46 kg PC/d. Dicho autor indica que niveles más altos de proteína que los recomendados por N.R.C. pueden ser necesarios para producir 0,9 kg de ganancia diaria de terneros destetados precozmente. En cambio Hill et al. (2008) indica que terneros alimentados con el 15% de proteína cruda en la dieta ganaron 1,093 kg/d al consumir 0,457 kg PC/d, o aproximadamente 0,043 kg/d menos de lo sugerido por el NRC (2001).

En lo que respecta a indicadores de composición corporal, se observó que los animales de mayor ganancia diaria fueron los más pesados al final del periodo experimental y presentaron una relación peso/altura superior. No obstante, no fueron observadas diferencias significativas en el espesor de grasa subcutánea ni a nivel del área de ojo de bife.

Brethour (2000) utilizando mediciones seriadas con ultrasonido, reporta una relación exponencial entre el EGD y los días de duración del período de alimentación, pudiendo utilizar esta última como variable independiente para predecir la primera. Con un criterio similar, Rhoades et al. (2006) utiliza la ganancia diaria de peso como variable independiente para estimar el EGD en res.

Sin embargo, en el presente trabajo una mayor ganancia diaria no se tradujo en un mayor EGD. El EGD presentó un valor promedio entre los tratamientos de 3,6 mm. Estudios realizados por Mac Loughlin (2010) observaron que terneros de 204 kg de peso vivo promedio presentaban un EGD de 2,90 mm. Simeone y Beretta (2012) observó valores de 3,42 mm de EGD para terneros que pesaban 248,6 kg de peso vivo.

Con relación al área de ojo de bife, tampoco fue observada una interacción entre la ganancia diaria y dicha variable, donde se obtuvo un valor

promedio entre los tratamientos de 41,3 cm². Esto coincide con experimentos realizados por Simeone y Beretta (2012) donde terneros de 248,6 kg de peso vivo presentaron 40,1 cm² de área de ojo de bife. En relación a la altura al anca, tampoco existieron diferencias significativas entre los tratamientos. La misma presentó un valor promedio entre los tratamientos de 106,4 cm. Simeone y Beretta (2012) observó valores similares en terneros de 248,6 kg de peso vivo donde alcanzaron una altura al anca de 110,5 cm.

El peso vivo al final de periodo experimental presentó diferencias entre los tratamientos, explicado esto por las diferencias registradas en la ganancia diaria de los terneros a lo largo del periodo experimental. En relación a esto, Thomas et al. (1976) señala que la variable de mayor incidencia sobre la ganancia diaria es el consumo de materia seca.

En el presente trabajo la ganancia media diaria y el consumo de materia seca, ambos mostraron una respuesta cuadrática frente al aumento en la concentración proteica en la dieta, donde los mayores consumos de materia seca (5,89 kg/d) se correspondieron con las mayores ganancias diarias (1,38 kg/d), asociados al tratamiento de 19 % de PC.

Respuestas similares fueron observadas por Akayezu et al. (1994) donde con similar concentración proteica (19,6 % de PC) se dieron los máximos consumos de materia seca (1,69 kg/d) y ganancias medias diarias (0,86 kg/d). Sin embargo Tieri et al. (2011) no observaron diferencias en el consumo frente al aumento de la concentración proteica en la dieta, pero si las observaron en la ganancia diaria, aumentando esta a medida que aumento la concentración proteica en la dieta. En tanto otros autores como Pascoal et al. (2000), Hill et al. (2008) no observaron diferencias en el consumo ni en la ganancia media diaria frente al aumento de proteína cruda en la dieta.

Varios autores afirman que el nivel de proteína cruda de la ración puede afectar el consumo de materia seca (Owens y Goetsch 1993, Valadares et al. 1997). Según Owens y Goetsch (1993), los bajos niveles de nitrógeno en el rumen pueden limitar el consumo de materia seca, la reducción del crecimiento microbiano y en consecuencia, la velocidad de desaparición de alimentos. A su vez, Parish y Rhinehart (2008) afirman que, si una dieta es deficitaria en proteína, va a afectar negativamente al consumo de materia seca, debido a que las bacterias del rumen no podrán tener el crecimiento adecuado como para realizar una adecuada digestión del alimento, disminuyendo así la digestibilidad y la tasa de pasaje, afectando por lo tanto el consumo de materia seca. Esto concuerda con lo expresado por Veira et al. (1980), quienes plantean que el aumento del nivel de proteína en la dieta proporciona una mejor digestibilidad

de la MS, FDA y almidón, y una mayor retención de nitrógeno, lo cual permitiría un mayor consumo de materia seca por animal.

5.3. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

La eficiencia de conversión no mostró diferencias significativas frente al aumento del porcentaje de proteína en la ración. Si bien no existieron diferencias, se observó un comportamiento casi cuadrático ($P= 0,1198$), donde la mejor eficiencia (4,33 kg consumido/kg ganado) se registró en el tratamiento de 19 % de proteína cruda en la ración.

Akayezu et al. (1994) tampoco observaron diferencias significativas en la eficiencia de conversión frente al aumento de proteína en la dieta. Sin embargo Pascoal et al. (2000) observó una tendencia lineal y negativa para la eficiencia de conversión con el aumento de proteína cruda en la dieta de terneros, variando entre 4,51 (con 13% de PC) y 3,98 (con 19% de PC) ($P= 0,0606$). Veira et al. (1980) observaron similar tendencia ($P<0,05$), disminuyendo la EC de 7,62 kg consumido/kg ganado para 3,47 kg consumido/kg ganado, cuando el nivel de PC en la dieta aumentó de 9,9% a 16,2% de PC.

Mejores valores de eficiencia de conversión con un mayor nivel de proteína en la dieta también son reportados por Thomas et al. (1976), Neville et al. (1977). Pascoal et al. (2000) sugieren que la mejora de la eficiencia de conversión para dietas con mayor contenido proteico puede ser explicado por una mejor digestibilidad de la dieta y aunque no significativa, la mayor ganancia de peso.

De acuerdo a Di Marco (2006), en la EC inciden el alimento, la formulación de la ración, el suministro del alimento y el manejo del animal. Sin embargo, existen también procesos dentro del animal mismo que regulan la eficiencia, por lo que se procura controlar los procesos metabólicos a modo de alcanzar animales más eficientes. Este autor, continua explicando que se ha determinado que el consumo, la digestión, la actividad voluntaria y la composición corporal, llegan a explicar 1/3 de las variaciones, mientras que el restante se da por mecanismos que controlan la producción de calor, inherentes al alimento, la forma de alimentar a los animales y al metabolismo de los mismos.

Existe una relación cuadrática entre el consumo y la ganancia de peso (la conjunción de ambos da origen a la EC). Hasta cierta cantidad de alimento consumido, la energía ingerida no es suficiente para cubrir los requerimientos de mantenimiento, por lo que el individuo pierde peso. Una vez alcanzado ese consumo, las necesidades son colmadas, pero al destinar toda la energía para

el mantenimiento, no existe ganancia. A partir de allí es que existe exceso de energía metabolizable, la que es destinada a ganancia de peso, por lo tanto, al incrementarse el consumo de energía se diluye el costo de mantenimiento y aumenta así su eficiencia (figura 4).

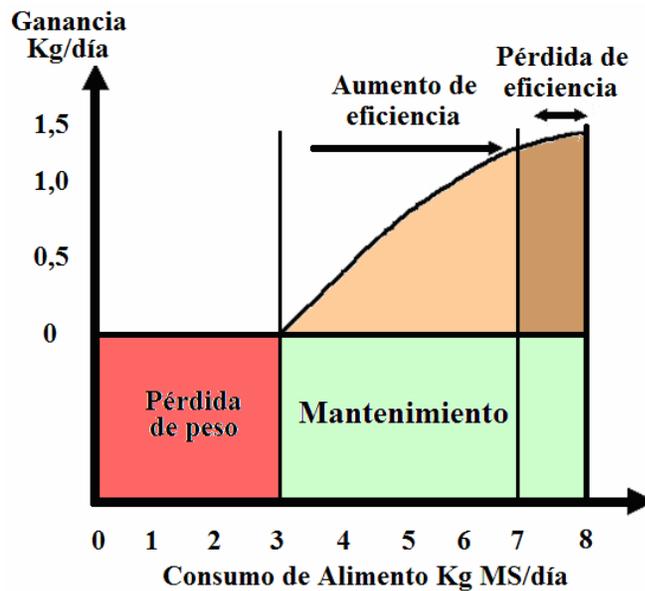


Figura 4. Relación entre consumo de materia seca y ganancia media diaria (Di Marco, 2006).

No obstante, el costo de mantenimiento de los animales está estrechamente ligado al tamaño corporal, de modo que a mayor tamaño, mayor es su exigencia. Es así que un mayor peso vivo lleva a mayores necesidades de energía de mantenimiento, ello a la necesidad de un mayor consumo, y en definitiva ocasiona incrementos decrecientes de la EC (Di Marco, 2006). Del mismo modo, Pordomingo (2005), señala que a medida que aumenta el peso vivo de los animales y el nivel de engrasamiento, empeora la EC.

Pordomingo (2005) establece que las categorías más jóvenes son las que presentan mejor EC debido a dos factores: al menor mantenimiento de la masa corporal y mayor proporción de energía destinada a crecimiento y deposición de grasa, y en segundo término, a la composición de la ganancia, siendo de mayor proporción de músculo que de grasa.

5.4. CONSUMO

McDonald (1986) señala que el valor potencial de una ración balanceada que suministra ciertos nutrientes puede ser determinado mediante análisis

químico, pero el valor real que tiene para el animal solamente puede ser determinado teniendo en cuenta las pérdidas inevitables que tienen lugar durante la digestión, la absorción y el metabolismo.

Se observó una respuesta cuadrática conforme aumentó el contenido proteico de la ración, alcanzándose el punto máximo de la curva de respuesta con un 17,51 % de proteína cruda.

Respuestas cuadráticas en el consumo de materia seca con distintos niveles de la proteína también fueron observadas por Neville et al. (1977) en terneros Angus y Hereford, destetados a una edad promedio de 48 días alimentados con dietas conteniendo una relación concentrado/voluminoso 87/13, asociado con niveles de 14,5; 18,9; 23,7; y el 28,5 % de PC en la dieta. Distribución cuadrática en la ingesta con el aumento de nivel de proteína en la dieta también fue observado por Veira et al. (1980) en los terneros destetados razas lecheras de 8 a 12 semanas de edad utilizando niveles de 9,9 a 16,2 % de PC en dietas con 92,5 % de concentrado.

Pascoal et al. (2000) en cambio no observó diferencias significativas en las distintas formas de expresar el consumo de materia seca (kg/d y %PV), ni en el consumo de fibra detergente neutra bajo distintos nivel de proteína en la dieta.

El consumo expresado como porcentaje de peso vivo no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. El consumo medio entre los tratamientos fue de 3,84%. Esto concuerda con lo que expresado por Simeone y Beretta (2012) quienes señalan que terneros de destete precoz alimentados a voluntad registraron un consumo de materia seca de 3,6% de PV.

Según Valadares et al. (1997), el consumo aumenta con el aumento de peso corporal. Los consumos de MS y de FDN aumentaron linealmente con el avance en el período experimental, mostrando aumento de la capacidad de ingestión de los terneros (Pascoal et al., 2000).

En cuanto a la DMS y de la DMO se observó una respuesta lineal con respecto a los diferentes niveles de proteína en la dieta. Estudios realizados por Veira et al. (1980), también encontraron respuestas lineales a la DMO y DMS. Donde la DMS paso de 71,1% con la dieta baja en proteínas a 75,1% con la dieta alta en proteínas. En cambio Neville et al. (1977) no encontró diferencias significativas para la DMS.

En relación a la DPC y al CPC se observó una respuesta cuadrática en ambas variables frente al aumento de proteína cruda en la dieta. Esto

concuerta con lo expresado por Neville et al. (1977), quien también observo similar respuesta para la DPC y CPC a medida que aumento el nivel proteico de la dieta.

La mayor digestibilidad de las distintas fracciones del alimento frente al aumento del nivel de proteína cruda en la dieta es a causa de lo planteado por Veira et al. (1980) quienes señalan que un aumento en la concentración proteica de la dieta, proporciona una mejor digestibilidad de la materia seca, fibra detergente acida y almidón, y mayor retención de nitrógeno por el animal.

5.5. BALANCE DE NITRÓGENO

El nitrógeno total consumido mostró una respuesta cuadrática con respecto al nivel de proteína en la dieta. Registrándose los mayores consumos de nitrógeno en la dietas de mayor concentración proteica. Similar respuesta fue observada en estudios realizados por Neville et al. (1977), en cambio Veira et al. (1980) no observaron diferencias significativas para el nitrógeno consumido en función del nivel de proteína cruda de la ración.

Con respecto al nitrógeno excretado en orina se observó una respuesta lineal frente al aumento del nitrógeno consumido. Similar respuesta fue observada por Wilkerson et al. (1993), Hoffman et al. (2001). En cambio Santos et al. (2010) no observaron diferencias significativas entre el consumo de nitrógeno y la excreción de nitrógeno en la orina.

En relación al nitrógeno excretado en heces se observó una respuesta lineal, donde si bien fue lineal no fue positiva sino que negativa, es decir, la cantidad de nitrógeno excretada en heces fue mayor en el tratamiento de menor contenido proteico y menor en el de mayor contenido proteico. Neville et al. (1977), Veira et al. (1980) observaron una respuesta lineal al nitrógeno excretado en heces y orina a medida que aumentó el nivel proteico de la dieta. En cuanto al nitrógeno excretado en heces la respuesta observada por estos autores fue lineal y positiva, a medida que aumento la concentración de proteína cruda en la dieta aumento el nitrógeno excretado en las heces.

Por lo cual, en el presente trabajo, las pérdidas de nitrógeno alimentario se produjeron principalmente a través de las heces en los tratamientos con menor nivel proteico y a través de la orina en los tratamientos de mayor nivel proteico. Esto también fue observado en estudios realizados por Veira et al. (1980).

Santos et al. (2010) observaron que la fuente proteica utilizada y el nivel de concentrado en la dieta no influyen sobre el balance de nitrógeno. Si

observaron una interacción entre la fuente de proteína utilizada y el porcentaje de concentrado en la dieta sobre el nitrógeno consumido. Sin embargo la excreción de nitrógeno fecal fue mayor en los animales que recibieron mayor nivel de concentrado, lo que también estaría asociado a un mayor consumo.

Respecto a la concentración de urea en sangre, Broderick y Clayton (1997) señalan que la urea es la forma primaria de excreción de nitrógeno en mamíferos y su concentración en el plasma sanguíneo es bien conocida, reflejando el uso ineficiente de PC de la dieta. Los niveles de nitrógeno ureico en plasma no parecen tener cambios reflejados en el metabolismo de las proteínas, así como el nitrógeno en la orina. A pesar de que el nitrógeno ureico en plasma tiene alta correlación positiva con el contenido de PC de la dieta (Broderick y Clayton 1997, Jonkeret et al. 1998, Hojman et al. 2004, Nousiainen et al. 2004, Chizzoti et al. 2006), Van Soest (1994) informó que la cantidad de urea reciclada es relativamente independiente del nitrógeno en la dieta, ya que el tamaño del pool de urea en la corriente sanguínea está bajo control homeostático fisiológico, y tiende a ser constante. De este modo, es posible que el pool de urea en el plasma no sería afectado por el nitrógeno dietético.

Sin embargo, en el presente trabajo el nitrógeno ureico en sangre presentó un comportamiento cuadrático frente al aumento del nivel de proteína en la dieta. Hoffman et al. (2001) en un estudio realizado en vaquillonas de raza Holstein observaron aumento lineal en el nitrógeno ureico en plasma de acuerdo con los niveles de proteína de la dieta. Donde las dietas 15% de PC presentaron un promedio de 12,4 mg/dl. Mientras en estudios realizados por Santos et al. (2010) no se observaron diferencias significativas en el nitrógeno ureico en plasma donde el valor promedio fue de 13,4 mg/dl. A su vez, Magalhaes et al. (2005), tampoco observan diferencias significativas en el contenido de nitrógeno ureico en plasma cuando trabajaron con novillos Holstein con niveles de 0 a 2% de urea en la dieta.

Según Broderick, citado por Valadares et al. (1997), una elevada concentración de urea plasmática esta relacionada con el uso ineficiente de la proteína cruda de la dieta.

En cuanto a la absorción aparente de nitrógeno, se obtuvo una respuesta cuadrática tanto para el análisis en gramos por día como para el análisis en porcentaje del nitrógeno total consumido. Sin embargo el nitrógeno retenido (g/d) presentó una respuesta lineal al aumento de proteína cruda en la dieta. Estudios realizados por Neville et al. (1977) en cambio, observaron una respuesta cuadrática para el nitrógeno retenido (g/d) frente a un aumento en el nivel de proteína cruda de la dieta.

El nitrógeno retenido analizado como porcentaje del nitrógeno total consumido y como porcentaje de la absorción aparente de nitrógeno no presentó diferencias significativas. Veira et al. (1980) tampoco observó diferencias significativas para el nitrógeno retenido como porcentaje del nitrógeno total consumido, pero sí las encontró para el nitrógeno retenido como porcentaje del absorbido aparente. Donde este disminuyó con el nivel de proteína en la dieta ($P < 0,01$, componente lineal).

El NRC (2001) recomienda requerimientos de proteína para terneros en crecimiento de un peso aproximado de 225 kg y con una ganancia de 0,800 kg/d de 156 g/d de proteína, es decir una retención de nitrógeno aproximada de 25 g/d. Las cantidades de nitrógeno retenidas en el presente trabajo fueron más altas, lo que demuestra que se cumplieron los requisitos de proteína cruda de los terneros.

5.6. DISCUSIÓN GENERAL

La composición de las dietas para los cuatro tratamientos fue la misma, donde la única variación entre tratamientos fue el porcentaje de proteína, manteniéndose igual la proporción del resto de los componentes. Dichas dietas fueron suministradas *ad libitum*, encontrándose diferencias entre los tratamientos en ganancia diaria y consumo total de materia seca, en tanto no se registraron diferencias en la eficiencia de conversión.

Las diferencias registradas en la ganancia diaria podrían estar explicadas tanto por el consumo de materia seca como por el consumo de proteína. Si una dieta es deficitaria en proteína, va a afectar negativamente al consumo de materia seca, debido a que las bacterias del rumen no podrán tener el crecimiento adecuado como para realizar una adecuada digestión del alimento, disminuyendo así la digestibilidad y la tasa de pasaje, afectando por lo tanto el consumo de materia seca. En cambio un aumento del nivel de proteína en la dieta proporciona una mejor digestibilidad de la materia seca, fibra detergente ácida y almidón, y una mayor retención de nitrógeno, lo cual permitiría un mayor consumo de materia seca por animal.

Si bien, las diferencias observadas en la eficiencia de conversión no fueron estadísticamente significativas, la eficiencia de conversión mejoró al aumentar la proteína bruta en la dieta, hasta alcanzar un valor mínimo para luego aumentar. La mejora de la eficiencia de conversión para dietas con mayor contenido proteico puede ser explicada por una mejor digestibilidad de la dieta y/o la mayor ganancia de peso.

El nitrógeno total consumido aumentó cuando se incremento el nivel proteico en la dieta. Donde los mayores consumos registrados se correlacionaron con los mayores valores de retención de nitrógeno, junto con una disminución de la eficiencia de retención del nitrógeno (unidad excretada por unidad retenida), aumentando la excreción, principalmente la excreción de nitrógeno ureico urinario.

Mayores tasas de ganancia de peso no estuvieron asociadas a un mayor engrosamiento, no observándose diferencias en el espesor de la grasa dorsal ni en el área de ojo de bife medido a la salida del corral. En cambio sí estuvieron asociadas a un mayor peso vivo, donde el tratamiento de mayor ganancia diaria (17% de PB) coincidió con el de mayor peso vivo. Dicho efecto podría ser explicado por un mayor consumo de proteína conforme avanzó el periodo experimental.

Contemplado lo anteriormente mencionado podemos indicar que el nivel de proteína bruta en el cual los terneros destetados precozmente a corral, optimizan su performance es en torno a 17%. Se deja constancia, sin embargo, que aun con dietas con niveles de proteína en torno a 12%, con alta proporción de proteína verdadera y alta concentración energética, se logro obtener ganancias de peso en torno a 1 kg/día. Esto podría tener importantes implicancias en términos del resultado económico de la práctica del destete precoz a corral.

5.7. BENEFICIO ECONÓMICO

Si bien el potencial biológico, expresado en ganancia de peso y eficiencia de conversión del alimento, fue observado en el tratamiento con un nivel de PB en la dieta de 17%, evaluaciones económicas realizadas asignando precios de mercado a los diferentes ingredientes, señalan que el óptimo económico, expresado como costo del kg de peso vivo producido, se encuentra en el tratamiento con un nivel de proteína bruta en la dieta en torno a 12%. Esto cobra particular importancia a la hora de su aplicación en condiciones de producción, ya que el ajuste de proteína puede realizarse en función de objetivos biológicos que apunten a expresar el potencial animal en términos de ganancia y conversión del alimento, o bien en función de un objetivo económico que apunte a minimizar el costo del kg producido.

6. CONCLUSIONES

La concentración proteica de una dieta altamente concentrada ofrecida a terneros destetados precozmente alimentados *ad libitum* en confinamiento, afecta en forma cuadrática a la ganancia diaria, registrándose un óptimo en torno a 17% de PB. La eficiencia de conversión mejora al aumentar la proteína bruta hasta alcanzar un valor mínimo en torno a 17% de PB para luego aumentar. Sin embargo las diferencias observadas no fueron estadísticamente significativas por lo que más investigaciones son necesarias al respecto.

Con el aumento del nivel proteico de la dieta, aumentó en forma curvilínea el consumo de nitrógeno, si bien esto aumenta la retención del mismo por parte del animal se observa una disminución de la eficiencia de retención y un aumento de la excreción.

7. RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de diferentes niveles de proteína bruta sobre la ganancia de peso vivo, consumo de materia seca y eficiencia de conversión, en dietas altamente concentradas (relación concentrado/voluminoso 90/10) suministradas a terneros de destete precoz bajo condiciones de confinamiento. Los niveles de proteína bruta evaluados fueron 12%, 15%, 17% y 21%. Dicho trabajo fue realizado en la Unidad Experimental Mario A. Cassinoni ubicada en el departamento de Paysandú. El mismo se inició el 28/01/2013, y finalizó el 22/04/2013. Para ello se utilizaron 24 terneros Hereford nacidos en la primavera del 2012 ($107,2 \pm 21,5$ kg) provenientes del rodeo experimental de la unidad de producción intensiva de carne. Las performances evaluadas fueron ganancia media diaria (GMD), consumo, eficiencia de conversión (EC), balance de nitrógeno y composición de la ganancia. Existió diferencia en ganancia diaria entre tratamientos, siendo el tratamiento de 17% de PB el de mayor GMD ($P=0,0005$). El consumo total de materia seca (MS) analizado en kilogramos por día fue afectado por el nivel de proteína en dieta ($P<0,0001$), registrándose el mayor consumo en el tratamiento de 17% de PB. Cuando analizamos el consumo como porcentaje de peso vivo, no se observaron diferencias entre los tratamientos ($P=0,9499$). Con respecto a la EC no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos, aunque si se observó una tendencia a mejorar la EC al aumentar la concentración proteica en la dieta, hasta alcanzar un valor mínimo (17% de PB) para luego aumentar. En relación al nitrógeno consumido se observó una respuesta cuadrática ($P=0,0809$) donde el tratamiento que mayor consumo registró fue el de mayor concentración proteica en la dieta (21% de PB). En tanto, el nitrógeno excretado en heces y en orina presentaron una respuesta lineal ($P=0,0637$ y $P=0,0087$ respectivamente). El nitrógeno retenido analizado en gramos por día presentó una respuesta lineal ($P=0,0095$), la cual fue aumentando a medida que aumentó la concentración proteica en la dieta. En cuanto a las características de la ganancia tales como AOB, EGS y altura al anca no fueron observadas diferencias significativas entre los tratamientos. Si se registraron diferencias en cuanto al peso vivo a la salida del corral, donde se obtuvo una respuesta de tipo cuadrático ($P=0,0003$), donde el tratamiento de mayor peso vivo al final del experimento correspondió al tratamiento de 17% de PB. Los resultados demostraron que un nivel de 17% de PB en la dieta optimizaría la performance de terneros destetados precozmente a corral.

Palabras clave: Niveles de proteína; Terneros; Destete precoz; Confinamiento; Ganancia media diaria; Consumo; Eficiencia de conversión.

8. SUMMARY

The present study aims to evaluate the effect of different levels of crude protein on live weight gain, dry matter intake and conversion efficiency in highly concentrated diets (concentrate bulky ratio 90:10) supplied to early weaning calves under conditions of confinement. The crude protein levels evaluated were 12%, 15%, 17% and 21%. This work took place at the Experimental Unit Mario A. Cassinoni located in the department of Paysandú. The experiment started on 28/01/2013 and ended in 22/04/2013. In the experiment 24 Hereford calves were used, which were born in the spring of 2012 (107.2 ± 21.5 kg) and derived from the intensive meat production unit. The evaluated performances were mean daily gain, consumption, conversion efficiency, nitrogen balance and composition of gain. There were differences in daily gain between treatments, being the treatment of 17% CP the highest mean daily gain ($P = 0.0005$). The total intake of dry matter used in kilograms per day was affected by the dietary protein level ($P < 0.0001$), with the greatest consumption in the treatment of 17% CP. When we analyze the consumption as a percentage of body weight, no differences were observed between treatments ($P = 0.9499$). Regarding the conversion efficiency there are no registrations of significant differences between the treatments, although we did observe a tendency, while enhancing the concentration of proteins in the diet, there was an improvement in the conversion efficiency, till it reached the minimum value (17% de CP) and then went up. In relation to the consumption of nitrogen, we could observe a quadratic answer ($P=0,0809$), were the treatment with the highest consumption registered were the once with a major protein concentrated diet (21% de CP). On the other hand the nitrogen extracted from feces and urine, presented a lineal answer ($P=0,0637$ y $P=0,0087$). The nitrogen analyzed in grams, per day also showed a lineal answer ($P=0,0095$), were, while increasing the concentration of protein in the diet, it increased too. In terms of total gain such us; AOB, EGS and high in haunch, no significant differences were observed between the treatments. But it was observed that there were differences in terms of live weight at the exit of the poultry, were we obtained a quadratic answer ($P=0,0003$), the treatment with the highest live weight at the end of the experiment was the one of 17% PB. All the results demonstrated that a level of 17% CP in the diet would optimice the performance of the calves in barnyard.

Key words: Levels of protein; Calves; Early weaning; Confinement; Mean daily gain; Consumption; Conversion efficiency.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Cambridge, CABI. 159 p.
2. AKAYEZU, J. M.; LINN, J. O.; OTTERBY, D. E.; HANSEN, W. P. 1994. Evaluation of calf starters containing different amounts of crude protein for growth of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 77:1882.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). 2012. Official methods of analysis. 19th. ed. Gaithersburg, Maryland, George W. Latimer. p. irr.
4. ASTIBIA, O. R.; CANGIANO, C. A.; COCIMANO, M. R.; SANTINI, F. J. 1982. Utilización del nitrógeno por el rumiante. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 4 (4): 373-384.
5. BOGGS, D.L.; SMITH, E.F.; SCHALLES, R.R.; BRENT, B. E.; CORAH, L. R.; PRUITT, R. J. 1980. Effects of milk and forage intake on calf performance. *J. Anim. Sci.* 51:550-553.
6. BONDI, A. A. 1988. Nutrición animal; metabolismo proteico de los rumiantes. Zaragoza, Acribia. s.p.
7. BRETHOUR, J. R. 2000. Using cereal ultrasound measures to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 78:2055-2061.
8. BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.* 80: 2964-2971.
9. BRUGGINK, J. H. B. 1993. Utilización de concentrados de proteína de soja en dietas de animales jóvenes. In: Curso de Especialización FEDNA (9^o., 1993, Barcelona). Avances en nutrición y alimentación animal. Barcelona, España, s.e. pp. 175-196.

10. BURROUGHS, W.; TRENKLE, A. H.; VETTER, R. L. 1974. A system of protein evaluation for cattle and sheep involving metabolizable protein (amino acids) and urea fermentation potential of feedstuffs. *Vet Med. Small Anim. Clin.* 69: 713 – 722.
11. BUTTERY, P. 1977. *Biochemical basis of rumen fermentation*. Nottingham, s.e. 18 p.
12. CHALUPA, W. 1975. Rumen bypass and protection of proteins and amino acids. *J. Dairy Sci.* 58:1198.
13. CHIZZOTI, M. L.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES, S. C.; CHIZZOTTI, F. H. M.; CAMPOS, J. M. S.; MARCONDES, M. I.; FONSECA, M. A. 2006. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em novilhas de diferentes pesos. *R. Bras. Zootec.* 35(4): 1813-1821.
14. CHURCH, C. D.; POND, W. G.; MALUENDA, D. 1993. *El ruminante; fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza, Acribia. 569 p.
15. COLE, N. A.; TODD R. W. 2008. Opportunities to enhance performance and efficiency through nutrient synchrony in concentrate-fed ruminants. *J. Anim. Sci.* 86:E318-E333
16. COPPO, J. A. 2007. ¿El destete precoz produce estrés en los terneros cruza cebú?. *Rev. Electr. Vet.* 8 (2): 12-36.
17. DI MARCO, O. N.; AELLO, M. S. 2002. ¿Afecta el exceso de amonio ruminal el gasto energético de rumiantes?. Balcarce, Argentina, INTA. s.p.
18. _____. 2006. Eficiencia de utilización del alimento en vacunos. *Rev. Vis. Rural.* 13 (61): 19-22.
19. DYER, I. A.; O'MARY, C. C. 1975. *Engorde a corral (The Feedlot)*. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 344 p.

20. ELLIS, W. C.; POPPI, D.; MATIS, J. H. 2000. Feed intake in ruminants; kinetic aspects, In: D'Mello, J. P. F. ed. Farm animal metabolism and nutrition. Oxon, UK, CABI. pp. 335-363.
21. ESCALONA, R.; RAMÍREZ, P.; BARZAGA, G.; DE LA CRUZ, B.; MAURENIS RAMAYO, C. 2007. Intoxicación por urea en rumiantes. (en línea). Granma, Universidad de Granma. Facultad de Medicina Veterinaria. pp. 1-4. Consultado 5 feb. 2014. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/31-intoxicacion_por_urea.pdf
22. FERNÁNDEZ MAYER, A. E. 2001. Efecto de la sincronización energía-proteína sobre la performance animal; suplementos y suplementación energética y proteica. (en línea). Buenos Aires, EEA INTA Bordenave. cap. I, pp. 7-13. Consultado 7 feb. 2014. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/33-sincronizacion_energia_proteina.pdf
23. FLUHARTY, F. L.; LOERCH, S.C. 1995. Effects of protein concentration and protein source on performance of newly arrived feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 73(5):1585-1594.
24. GARGALLO, S. 2006. Estimación de la degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal de los aminoácidos de suplementos proteicos in vitro. Tesis doctoral. Barcelona, España. Universidad Autónoma de Barcelona. pp. 52-55.
25. GARRETT, W. N. 1977. Protein production by growing ruminants as influenced by dietary nitrogen and energy. In: Tamminga, S. ed. Protein metabolism and nutrition. Wageningen, The Netherlands, Centre for Agricultural Public and Documentation. 115 p.
26. GARRIZ, M.; LÓPEZ. A. 2002. Suplementación con nitrógeno no proteico en rumiantes. Monografía final del curso nutrición en la intensificación.

(en línea). Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Veterinaria. Cátedra de Nutrición y Alimentación Animal. pp. 2-5. Consultado 19 feb. 2014. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/07-suplementacion_con_nitrogeno.pdf

27. GIL, S. B. 2006. Engorde intensivo (feedlot), elementos que intervienen y posibles impactos en el medio ambiente. (en línea). Buenos Aires, Universidad Católica Argentina. pp. 3-7. Consultado 5 feb. 2014. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/08-feedlot.pdf
28. GIRAUDO, P. G. 2006. El ingreso y acostumbramiento en los feedlots. (en línea). Producir XXI (Buenos Aires). 14(176):35-38. Consultado 5 feb. 2014. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/02-ingreso_y_acostumbramiento.pdf
29. HAGARTY, R. 2001. Greenhouse gas emissions from the Australian livestock sector. What do we now, What can we do?. Armidale, The Australian Greenhouse Office. s.p.
30. HILL, T. M.; BATEMAN, H. G.; ALDRICH, J. M.; SCHLOTTERBECK, R. L. 2008. Crude protein for diets fed to weaned dairy calves. The Prof. Anim. Sci. 24:596–603.
31. HOFFMAN, P. C.; ESSER, N. M.; BAUMAN, L. M.; DENZINE, S. L.; ENGSTROM, M.; CHESTER JONES, H. 2001. Short communication: effect of dietary protein on growth and nitrogen balance of Holstein heifers. J. Dairy Sci. 84:843–847.
32. HOJMAN, D.; KROLL, O.; ADIN, G.; GIPS, M.; HANOCHI, B.; EZRA, E. 2004. Relationships between milk urea and production, nutrition and fertility traits in Israeli dairy herds. J. Dairy Sci. 87: 1001-1011.

33. HOOVER, W. H.; STOKES, S. R. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *J. Dairy Sci.* 74:3630-3644.
34. ITAVO, L. C. V.; VALADARES, S. DE C.; SILVA, F. F.; DINIZ, R. F.; CECON, P. R.; BRANDÃO, C. C.; ÍTAVO, F.; BEVITORI, E. H.; RODRIGUES, P. V. 2002. Níveis de concentrado e proteína bruta na dieta de bovinos nelorenas fases de recria e terminação; consumo e digestibilidade. *R. Bras. Zootec.* 31(2): 1033-1041.
35. JAHN, E.; CHANDLER, P. T.; KELLY, R. F. 1976. Nutrient accumulation and prediction of body composition of 20-week-old calves fed varying percentages of protein and fiber. *J. Anim. Sci.* 42:736-744.
36. JONKER, J. S.; KOHN, R.A.; ERDMAN, R.A. 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81: 2681-2692.
37. KOLB, E. 1976. *Fisiología veterinaria*. Zaragoza, Acribia. 569 p.
38. LASCANO, C. E.; BOREL, R.; QUIROZ, R.; ZORRILLA, J.; CHAVES, C.; WERNLI, C. 1990. *Nutrición de rumiantes*. San José, Costa Rica, IICA-RISPAL. pp. 159-167.
39. LENG, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nut. Res. Rev.* 3:277-303.
40. LUSBY, K. S.; WATTEMANN, R. P.; TURMAN, E. J. 1981. Effects of early weaning calves from first-calf heifers on calf and heifer performance. *J. Anim. Sci.* 53(5):1193-1197.
41. MC DONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D. 1986. *Nutrición animal*. Zaragoza, España, Acribia. 518 p.
42. MAC LOUGHLIN, R. J. 2007. Proteína metabolizable y la nutrición de bovinos para carne. (en línea). In: *Bovinos para carne*. Sección

Fisiología digestiva y manejo del alimento. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. pp. 1-4. Consultado 6 feb. 2014. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/112-proteina_metabolizable.pdf

43. _____. 2010a. Déficit de proteínas y ganancia de peso en recría y engorde de bovinos. (en línea). Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. pp. 2-5. Consultado 6 feb. 2014. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/36-deficit_proteinas.pdf
44. _____. 2010b. Requerimientos de proteína y formulación de raciones en bovinos para carne. (en línea). Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. pp. 1-6. Consultado 6 feb. 2014. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/42-formulacion_proteina.pdf
45. MAGALHÃES, K. A.; VALADARES, S. C.; VALADARES, R. F.; PAIXÃO, M. L.; PINA, D. D.; RODRIGUES, P. V.; CHIZZOTTI, M. L.; MARCONDES, M. I.; ARAÚJO, A. M.; PORTO, M. O. 2005. Produção de proteína microbiana, concentração plasmática de uréia e excreções de uréia em novilhos alimentados com diferentes níveis de uréia ou casca de algodão. R. Bras. Zootec. 34(4): 1400-1407.
46. MAHADEVAN, S.; ERFLE, J. D.; SAUER, F. D. 1980. Degradation of soluble and insoluble proteins by bacteroides protease and by rumen microorganisms amylophilus. J. Anim. Sci. 50:723-728.
47. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1984. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, D. C., National Academy Press. s.p.
48. _____. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, D. C., National Academy Press. s.p.

49. _____. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington, D.C., National Academy Press. s.p.
50. NAVA, C.; DÍAZ, A. 2001. Introducción a la digestión ruminal. (en línea). Toluca, UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Nutrición Animal. pp. 1-13. Consultado 6 feb. 2014. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/79-introduccion_a_la_digestion_ruminal.pdf
51. NEVILLE JR. W. E.; HELLWIG, R. E.; RITTER, R.J.; MCCORMICK, W. C. 1977. Effect of diet protein level on weight gains of early weaned beef calves. J. Anim. Sci. 44(4):687-693.
52. NOUSIAINEN, J.; SHINGFIELD, K.J.; HUHTANEN, P. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. J. Dairy Sci. 87: 386-398.
53. ORSKOV, E. R. 1988. Nutrición proteica de los rumiantes. Zaragoza, Acribia. 178 p.
54. OWENS, F.; ZINN, R. 1988. Metabolismo de las proteínas en los rumiantes. In: Church, D. C. ed. El rumiante; fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, España, Acribia. pp. 255-281.
55. _____.; GOETSCH, A. L. 1993. Fermentación ruminal. In: Church, D. C. ed. El rumiante; fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, España, Acribia. s.p.
56. PARISH, J. A.; RHINEHART, J. D. 2008. Protein in beef cattle diets. (en línea). Mississippi, USA, s.e. pp. 1-8. Consultado 7 abr. 2014. Disponible en <http://www.msucare.com/pubs/publications/p2499.pdf>
57. PASCOAL, L. L.; EIFERT, E.; RESTL, J. 2000. Nivel de proteína bruta para bezerros de corte desmamados a os 66 días de idade. Rev. Bras. Zootec. 29:1537-1544.

58. PEREDA, L.; COLOMBATTO, D.; ELIZALDE, J.; NAÓN, J. J. 2008. Efecto de la suplementación con distintas fuentes de nitrógeno sobre la respuesta de terneros de recría, pastoreando verdes o encerrados en corrales. *Rev. Hereford (Bs. As.)*. 74:86-92.
59. PORDOMINGO, A. J. 2005. *Feedlot; alimentación, diseño y manejo*. Anguil, INTA. 224 p.
60. RHOADES R. D.; SAWYER, J. E.; HERRING, A. D.; DEAN, D. T.; LUNT, D. K.; RILEY, D. G. 2006. Efficacy of growth based predictions of carcass fat thickness and marbling at harvest using ultrasound measurements. Austin, Texas AM University. Department of Animal Science. *Beef Cattle Report in Texas*. pp. 21-25.
61. ROBISON, O.W.; YUSUFF, M.K.M.; DILLARD, E.U. 1978. Milk production in Hereford cows. I. Means and correlations. *J. Anim. Sci.* 47:131-136.
62. ROMAGNOLO, D.; POLAN, C. E.; BARBEAU, W. E. 1994. Electrophoretic analysis of ruminal degradability of corn proteins. *J. Dairy Sci.* 77(4):1093-1099.
63. RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets; I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.* 70:3551-356.
64. SAINZ, R. D.; TORRE, F. DE L.; OLTJEN, J. W. 1995. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refeed beef steers. *J. Anim. Sci.* 73:2971-2979.
65. SANTINI, F. J.; DINI, C. B. 1986. Estimación de la proteína metabolizable de varios suplementos y heno. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 6 (1-2): 13-22.
66. SANTOS, S. A.; DE SOUZA, J. M.; VALADARES, S.; SOARES, A.; MOTTA, S.; FERREIRA, A. M. 2010. Balanço de nitrogênio em fêmeas leiteiras

em confinamento alimentadas com concentrado à base de farelo de soja ou farelo de algodão. R. Bras. Zootec. 39 (5): 1135-1140.

67. SATTER, L. D.; ROFFLER, R. R. 1977. Protein requirement and non protein nitrogen utilization. Trop. Anim. Prod. 2:3
68. SHULTZ, T.; COLLAR, C. 1993. Dairying and air emissions. s.l., University of California. s.p. (Cooperative Extension Dairy Manure Management Series).
69. SIMEONE, A.; BERETTA, V. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Hemisferio Sur. 119 p.
70. _____.; _____. 2009. Reformulando la ganadería en Uruguay; ¿cómo se va a criar y engordar el ganado en los tiempos venideros? In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (2009, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. Estación Experimental M. A. Cassinoni. pp. 23-28.
71. _____.; _____. 2010. Ganadería a pasto, feedlot e Industria frigorífica; ¿es posible una integración de tipo “ganar-ganar” en la cadena de la carne? In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (2010, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. Estación Experimental M. A. Cassinoni. pp. 12-34.
72. _____.; _____. 2011. Alimentación a corral en sistemas ganaderos “¿cuándo y cómo?”. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (2011, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. Estación Experimental M. A. Cassinoni. pp. 14-25.
73. _____.; _____. 2012. Una nueva cría... Un nuevo engorde... Una nueva ganadería. Destete precoz a corral: una nueva herramienta para una nueva cría. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (2012, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. Estación Experimental M. A. Cassinoni. pp. 14-27.

74. SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets; III. Cattle requirements and diet adequacy. *J. Anim. Sci.* 70:3578-3596.
75. STERN, D.; SATTER, D. 1984. Evaluation of nitrogen solubility and the dacron bag technique as methods for estimating protein degradation in the rumen. *J. Anim. Sci.* 58:714-724.
76. STRITZLER, N. P.; GALLARDO, M.; GINGINS, R. A. 1983. Suplementación nitrogenada en forrajes de baja calidad. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 3 (4):283-309.
77. TAMMINGA, S. 1979. Protein degradation in the forestomachs of ruminants. *J. Anim. Sci.* 49:1615-1630.
78. THOMAS, J.W.; TINNIMIT, P. 1976. Amounts and sources of protein for dairy calves. *J. Dairy Sci.* 59 (4):1967-1985.
79. TIERI, M. P.; LA MANNA, A.; FERNÁNDEZ, E.; MIERES, J.; SCHRÖEDER, F.; PÉREZ, E.; BALDI, F.; BANCHERO, G. 2011. Efecto de diferentes niveles de proteína y sustitución de proteína verdadera por nitrógeno no proteico (urea) en la performance y desarrollo de terneros cruza hereford x angus y su impacto posterior en la recría. (en línea). s.n.t. pp. 1-4. Consultado 11 feb. 2014. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/67-terneros_23-26.pdf
80. URUGUAY. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. DIRECCIÓN NACIONAL DE METEOROLOGÍA. s.f. Registros meteorológicos históricos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 8 abr. 2014. Disponible en <http://meteorologia.gub.uy/index.php/estadisticasclimaticas>
81. VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRÍGUEZ, N.M. 1997. Níveis de proteína em dietas de bovinos. Consumo e digestibilidade aparente totais e parciais. *Rev. Bras. Zootec.* 26 (6):1252-1258.

82. VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74(5):3583-3597.
83. _____. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd. ed. Ithaca, Cornell University Press. 476 p.
84. VEIRA, D. M.; MACLEOD, G. K.; BURTON, J. H.; STONE, J. B. 1980. nutrition of the weaned Holstein calf. II. Effect of dietary protein level on nitrogen balance, digestibility and feed intake. *J. Anim. Sci.* 50:945-951.
85. WILKERSON, V. A.; MERTENS, D. R.; CASPER, D. P. 1993. Prediction of excretion of manure and nitrogen by Holstein dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 80:3193–3204.

10. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para pesos vivos.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRAT	3	18	0,13	0,9407
DIAS	1	134	3543,17	<0,0001
DIAS*TRAT	3	134	6,72	0,0003
PVINI	1	18	358,08	<0,0001

Anexo 2. Análisis de varianza para consumo de materia seca (kg/d).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRAT	3	20	47,91	<0,0001
SEMANA	11	1924	3372,08	<0,0001
TRAT*SEMANA	33	1924	5,32	<0,0001
Dia_dentrosem	6	1924	8,79	<0,0001
TRAT*Dia_dentrosem	18	1924	0,66	0,8502

Anexo 3. Análisis de varianza para consumo de materia seca (% PV).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRAT	3	20	0,06	0,9785
SEMANA	11	1910	117,75	<0,0001
TRAT*SEMANA	33	1910	1,23	0,172
Dia_dentrosem	6	1910	5,43	<0,0001
TRAT*Dia_dentrosem	18	1910	0,58	0,9128

Anexo 4. Análisis de varianza para rechazo de ración (kg/a/d).

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
TRAT	3	20	0,46	0,7109
SEMANA	11	1924	43,06	<0,0001
TRAT*SEMANA	33	1924	1,68	0,0092
Dia_dentrosem	6	1924	8,78	<0,0001
TRAT*Dia_dentrosem	18	1924	0,67	0,8473

Anexo 5. Análisis de varianza para eficiencia de conversión.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	0,248	0,082	1,24	0,3255
PVINI	1	0,444	0,444	6,63	0,0191

Anexo 6. Análisis de varianza para peso vivo final.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	1097,589	365,863	8,34	0,0011
PVINI	1	6464,691	6464,691	147,41	<0,0001

Anexo 7. Análisis de varianza para espesor de grasa subcutánea.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	1,253	0,417	0,78	0,5193
PVINI	1	0,087	0,087	0,16	0,6899

Anexo 8. Análisis de varianza para área de ojo de bife.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	46,589	15,529	0,93	0,447
AOBi	1	157,078	157,078	9,42	0,0069
PVINI	1	6,149	6,149	0,37	0,5517

Anexo 9. Análisis de varianza para altura final.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	19,148	6,382	1,34	0,2934
ALTi	1	5,259	5,259	1,11	0,3074
PVINI	1	114,182	114,182	24,04	0,0001

Anexo 10. Análisis de varianza para relación peso vivo-altura final.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	3	0,063	0,021	3,37	0,0431
PV_ALTi	1	0,001	0,001	0,05	0,8237
PVINI	1	0,037	0,037	6,01	0,0254

Anexo 11. Análisis de varianza para balance de nitrógeno.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT (NTOT_g/d)	3	10494,068	3498,022	25,16	0,0047
TRAT (NH_g/d)	3	45,030	15,010	2,33	0,2154
TRAT (NO_g/d)	3	1323,664	441,221	13,86	0,0290

Anexo 12. Análisis de varianza para urea en sangre y orina.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT (NUO_g/L)	3	37,624	12,541	2,53	0,2326

TRAT (NUO_g/d)	3	1453,618	484,539	21,89	0,0153
TRAT (NUO_g/kg)	3	0,067	0,022	20,42	0,0169
TRAT (NUS_g/L)	3	0,012	0,004	169,33	0,0001

Anexo 13. Análisis de varianza para nitrógeno retenido y absorción aparente

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT (AAN_g/d)	3	11910,673	3970,224	36,96	0,0022
TRAT (Nret_g/d)	3	5084,107	1694,702	12,25	0,0344
TRAT (Nret_%AA)	3	88,227	29,409	0,98	0,5072
TRAT (AAN_%Ntot)	3	206,153	68,717	15,21	0,0119
TRAT (Nret_%Ntot)	3	33,720	11,240	0,80	0,5693

Anexo 14. Análisis de varianza para consumos totales y digestibles.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT (CMS)	3	1,288	0,429	47,96	<0.0001
TRAT (CMO)	3	1,512	0,504	66,49	<0.0001
TRAT (CPC)	3	0,968	0,322	1321,52	<0.0001
TRAT (CFDN)	3	0,095	0,031	61,59	<0.0001
TRAT (CMOD)	3	3,317	1,105	178,44	<0.0001
TRAT (CPCD)	3	1,124	0,374	1665,83	<0.0001
TRAT (CFDND)	3	0,212	0,070	201,37	<0.0001

Anexo 15. Análisis de varianza para digestibilidad.

Source	DF	Type IV SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT (DMS)	3	109,450	36,483	2,30	0,2191
TRAT (DMO)	3	85,063	28,354	2,46	0,2021
TRAT (DPC)	3	146,323	48,774	14,04	0,0137
TRAT (DFDN)	3	184,810	61,603	5,06	0,0756

Anexo 16. Temperatura (T) media, máxima, mínima y precipitaciones (PP) diarias registradas en enero.

Dia	T media	T max	T min	PP
28	29,7	32,4	24,2	0,0
29	27,2	34,5	19,3	0,0
30	28,9	37,1	22,1	0,0
31	25,9	31,4	21,3	0,0

Anexo 17. Temperatura (T) media, máxima, mínima y precipitaciones (PP) diarias registradas en febrero.

Día	T media	T max	T min	PP
1	29,4	38,4	20,9	0,0
2	25,1	29,6	20,0	39,9
3	20,4	26,0	15,1	2,8
4	19,8	26,9	11,3	0,0
5	22,2	28,8	15,7	0,0
6	22,8	29,0	16,2	0,0
7	23,6	30,5	16,0	0,0
8	25,6	32,1	19,5	0,0
9	26,4	32,9	19,6	0,0
10	26,2	33,0	20,4	0,0
11	25,3	31,9	20,7	1,3
12	26,7	35,1	19,3	0,3
13	25,8	32,7	20,7	0,5
14	25,9	31,2	20,9	0,0
15	24,9	32,5	17,6	0,0
16	26,9	34,9	21,4	17,8
17	23,6	26,8	21,5	1,0
18	19,1	22,8	16,4	12,7
19	16,3	17,7	15,1	11,9
20	17,9	20,0	16,2	2,5
21	20,7	26,0	17,8	1,8
22	21,0	27,4	14,8	0,0
23	23,1	30,1	16,6	0,0
24	20,8	23,2	19,4	49,8
25	18,9	23,2	14,6	0,3
26	17,0	22,9	10,4	0,0
27	18,4	25,6	10,9	0,0
28	20,8	27,7	13,4	0,0

Anexo 18. Temperatura (T) media, máxima, mínima y precipitaciones (PP) diarias registradas en marzo.

Día	T media	T max	T min	PP
1	23,3	31,4	15,7	0,0
2	21,6	26,8	17,7	64,8
3	17,7	21,7	14,2	0,0

4	17,0	22,1	12,4	0,3
5	18,0	24,4	11,7	0,3
6	20,2	27,7	12,8	0,0
7	22,3	29,3	15,1	0,0
8	23,9	30,8	18,3	0,0
9	24,6	29,9	19,9	4,3
10	21,6	27,1	17,7	2,5
11	20,4	27,4	12,9	0,8
12	18,0	22,4	14,4	0,5
13	16,2	22,9	9,5	0,0
14	15,4	20,4	10,4	0,0
15	16,3	23,1	10,4	0,0
16	14,7	21,8	7,7	0,3
17	14,6	21,3	8,3	0,0
18	17,3	23,4	12,0	0,0
19	18,1	22,7	13,3	0,0
20	18,4	19,8	17,3	62,0
21	20,0	25,2	17,2	0,8
22	20,2	26,7	13,6	0,3
23	21,4	27,3	16,0	0,0
24	21,2	27,3	14,4	0,0
25	19,8	25,4	14,1	0,0
26	18,7	25,6	12,8	0,0
27	17,3	24,4	11,7	0,3
28	18,1	25,5	10,6	0,0
29	20,5	27,6	14,6	0,0
30	22,1	29,8	15,7	0,0
31	24,1	30,7	18,0	0,0

Anexo 19. Temperatura (T) media, máxima, mínima y precipitaciones (PP) diarias registradas en abril.

Día	T media	T max	T min	PP
1	21,3	23,5	19,2	0,0
2	21,5	25,3	18,6	0,0
3	18,6	21,7	16,6	0,5
4	16,9	20,8	13,3	0,5
5	20,2	28,7	13,3	0,3
6	16,9	25,0	8,9	0,0

7	13,8	22,2	6,3	0,0
8	16,4	24,7	5,8	0,0
9	17,4	25,0	8,4	0,0
10	18,9	25,1	12,1	0,0
11	17,8	19,9	15,3	61,2
12	15,7	20,2	10,3	0,5
13	12,2	18,7	5,7	0,0
14	15,5	24,5	6,4	0,0
15	19,4	26,8	14,4	0,0
16	16,2	22,5	10,4	0,0
17	16,1	23,9	8,7	0,0
18	17,3	25,6	8,7	0,0
19	18,7	27,7	10,8	0,3
20	19,9	27,9	10,9	0,0
21	20,1	27,4	14,3	0,0
22	19,0	27,5	10,6	0,0
