

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE LA DEGRADABILIDAD DE LA FUENTE PROTEICA  
UTILIZADA EN DIETAS PARA TERNEROS DE DESTETE PRECOZ  
MANEJADOS EN RÉGIMEN DE CONFINAMIENTO**

**por**

**Diego GAMBA  
Alberto TERZIÁN**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2015**

Tesis aprobada por:

Director: -----  
Ing. Agr. Álvaro Simeone

-----  
Ing. Agr. Virginia Beretta

-----  
Med. Vet. Juan Franco

Fecha: 12 de febrero de 2015

Autor: -----  
Diego Gamba

-----  
Alberto Terzián

## AGRADECIMIENTOS

A los directores de la tesis: Alvaro Simeone y Virginia Beretta.

A los funcionarios de la estación experimental Mario A. Cassinoni por su ayuda y disposición durante el período experimental.

A Javier Caorsi y Diego Mosqueira por su gran apoyo en las tareas de campo.

A nuestras familias por su incondicional apoyo, quienes posibilitaron la realización y conclusión de nuestra carrera

## TABLA DE CONTENIDO

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN.....   | II            |
| AGRADECIMIENTOS.....  | III           |
| LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....   | VII           |
| <br>  |               |
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....  | 1             |
| 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....  | 3             |
| 2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....  | 3             |
| 2.2. <u>CRECIMIENTO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL<br/>        TERNERO DESTETADO PRECOZMENTE</u> .....        | 4             |
| 2.3. <u>REQUERIMIENTOS PROTEÍNICOS</u> .....  | 6             |
| 2.4. <u>METABOLISMO DEL NITRÓGENO</u> .....   | 11            |
| 2.4.1. <u>Proteína verdadera</u> .....  | 11            |
| 2.4.2. <u>Nitrógeno no proteínico</u> .....   | 14            |
| 2.4.3. <u>Digestión, absorción y post-absorción</u> .....   | 15            |
| 2.5. <u>FUENTES DE PROTEÍNA PARA RACIONES</u> .....   | 18            |
| 2.5.1. <u>Harina de pescado</u> .....   | 20            |
| 2.5.2. <u>Harina de soja</u> .....  | 23            |
| 2.5.3. <u>Urea</u> .....  | 25            |
| 2.5.3.1. <u>Intoxicación por urea</u> .....   | 29            |
| 2.5.3.2. <u>Optigen</u> .....   | 31            |
| 2.6. <u>EFFECTO DE LA FUENTE PROTEÍNICAS SOBRE LA<br/>        PERFORMANCE DE VACUNOS EN CRECIMIENTO</u> ..... | 32            |
| 2.6.1. <u>Efecto de la fuente proteínica en dietas moderadas a bajas<br/>                en fibra</u> .....   | 34            |
| 2.6.2. <u>Efecto de la fuente proteínica en dietas altas en fibra</u> .....                                   | 42            |
| 2.6.3. <u>Otros aspectos relacionados a la respuesta animal</u> .....   | 48            |
| 2.6.4. <u>En síntesis</u> .....   | 50            |
| 2.7. <u>HIPÓTESIS</u> .....   | 51            |

|   |    |
|---|----|
| 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....  | 52 |
| 3.1. LOCALIZACIÓN.....  | 52 |
| 3.2. PERÍODO EXPERIMENTAL.....  | 52 |
| 3.3. CLIMA.....   | 52 |
| 3.4. ANIMALES.....  | 53 |
| 3.5. INFRAESTRUCTURA.....   | 53 |
| 3.6. ALIMENTOS.....   | 53 |
| 3.7. TRATAMIENTOS.....  | 53 |
| 3.8. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....  | 56 |
| 3.8.1. <u>Período pre-experimental</u> .....  | 56 |
| 3.8.2. <u>Período experimental</u> .....  | 57 |
| 3.9. MANEJO SANITARIO.....  | 57 |
| 3.10. REGISTROS Y MEDICIONES.....   | 57 |
| 3.11. ANÁLISIS DE LABORATORIO.....  | 58 |
| 3.12. ANÁLISIS QUÍMICOS.....  | 58 |
| 3.13. VARIABLES AMBIENTALES.....  | 59 |
| 3.14. REQUERIMIENTO DE LOS ANIMALES Y APOORTE<br>PROTEÍNICOS Y ENERGÉTICOS DE LA DIETA..... | 59 |
| 3.15. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....   | 59 |
| 4. <u>RESULTADOS</u> .....  | 61 |
| 4.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL PERÍODO.....  | 61 |
| 4.2. EVOLUCIÓN DEL PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA.....   | 61 |
| 4.3. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN.....  | 63 |
| 4.4. COMPOSICIÓN DE LA GANANCIA.....  | 64 |
| 4.5. DIGESTIBILIDAD Y NITRÓGENO UREICO EN SANGRE.....                                       | 65 |
| 4.6. EVALUACIÓN DE LAS DIETAS A PARTIR DE ECUACIONES DE<br>PREDICCIÓN.....                  | 66 |
| 5. <u>DISCUSIÓN</u> .....   | 67 |
| 5.1. EVALUACIÓN DE LAS DIETAS SEGÚN ECUACIONES DE<br>PREDICCIÓN.....                        | 67 |

|  |    |
|--|----|
| 5.2. EFECTO DE LA FUENTE PROTEÍNICAS SOBRE LA GANANCIA<br>MEDIA DIARIA.....      | 67 |
| 5.3. CONSUMO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN.....                                     | 70 |
| 5.4. CONSUMO DE PROTEÍNA METABOLIZABLE Y EFICIENCIA DE<br>USO DEL NITRÓGENO..... | 73 |
| 5.5. COMPOSICIÓN DE LA GANANCIA.....   | 74 |
| 5.6. DIGESTIBILIDAD DE LAS FRACCIONES DE LA DIETA.....                           | 74 |
| 5.7. DISCUSIÓN GENERAL.....  | 75 |
| 5.8. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS.....   | 76 |
| 6. <u>CONCLUSIONES</u> .....   | 78 |
| 7. <u>RESUMEN</u> .....  | 79 |
| 8. <u>SUMMARY</u> .....  | 81 |
| 9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....   | 83 |
| 10. <u>ANEXOS</u> .....  | 95 |

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| Cuadro No.   | Página |
|--|--------|
| 1. Composición aminoacídica del tejido animal y la proteína microbiana (%PC).....  | 9      |
| 2. Relación de concentración de aminoácidos antes y después de ser incubados en el rumen.....  | 14     |
| 3. Composición nutricional de la harina de soja, harina de pescado, urea y Optigen II®.....  | 19     |
| 4. Proporción relativa de aminoácidos esenciales de la harina de pescado en relación a la leche.....   | 21     |
| 5. Proporción relativa de aminoácidos esenciales de la harina de soja en relación a la leche.....  | 25     |
| 6. Proporción relativa de aminoácidos esenciales de la proteína microbiana en relación a la leche.....   | 26     |
| 7. Experimentos en rumiantes con dietas moderadas o bajas en fibra.....  | 34     |
| 8. Experimentos en rumiantes con dietas altas en fibra.....  | 42     |
| 9. Otras experiencias en rumiantes con variaciones en la fuente proteínica.....  | 48     |
| 10. Temperatura media (T), humedad relativa (HR) y precipitaciones (RR) medias mensuales para Paysandú.....  | 52     |
| 11. Composición de la dieta utilizada en cada tratamiento.....   | 55     |
| 12. Condiciones climáticas del período experimental.....   | 61     |
| 13. Efecto de la fuente proteínica sobre la ganancia media diaria (GMD) y el consumo de materia seca (CMS) a lo largo del experimento.....   | 62     |
| 14. Efecto de la fuente proteínica sobre el peso, área del ojo de bife (AOB), espesor de grasa subcutánea (EGS), altura y relación peso vivo (PV) y altura medidas al finalizar el período experimental..... | 64     |
| 15. Digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutro y de la proteína cruda así como nitrógeno ureico en sangre para los tratamientos.....                                       | 65     |
| 16. Evaluación de dietas para ganancias y pesos finalmente obtenidos.....  | 66     |

## Figura No.

1. Croquis de los corrales..... 54

## Foto No.

1. Vista de los corrales..... 54

## Gráfica No.

1. Tasa de liberación de nitrógeno de distintas fuentes proteínicas..... 32
2. Efecto de la urea, harina de pescado (H.P.) y harina de soja (H.S.)  
como fuente proteínica utilizadas en una dieta altamente concentrada  
sobre la evolución de peso vivo de terneros destetados precozmente  
durante el posdestete..... 62
3. Efecto del aporte de proteína no degradable en rumen (PNDR)  
asociado a la fuente proteínica sobre la ganancia de peso vivo de los  
terneros..... 63
4. Efecto del aporte de proteína no degradable en rumen sobre la  
eficiencia de conversión de los terneros..... 64

## 1. INTRODUCCIÓN

Las actividades agropecuarias en Uruguay se han dinamizado notablemente en la última década, principalmente en base a dos motores, el aumento sostenido de precios de la tierra y el de cereales y oleaginosas. Estos factores hacen a las tierras ganaderas disponibles más escasas y de menor calidad, pero principalmente más caras tanto para adquirirlas como para arrendarlas.

Cuando se destetan 80% de terneros, cada uno de ellos sostiene, además del costo de mantener a su madre (1 %), el adicional que corresponde al 20 % de vacas sin terneros, o sea  $20/80 = 0.25$  %, siendo en total 1,25% del costo. Si el destete fuese de 60 % el costo adicional por ternero sería de  $40/60 = 0.66$  %. Para situaciones de cría intensiva o de precios de la hectárea caros, donde los costos de mantenimiento de una vaca son altos, este análisis cobra relevancia (Craplet, 1969).

Destetar precozmente a los terneros de vacas con baja condición corporal, primíparas e incluso a vacas de la cola de parición, es una estrategia de alto impacto en los índices de preñez y también en la condición corporal de esas madres. Adicionalmente si esos terneros son manejados en régimen de confinamiento su potencial de crecimiento es incluso mayor que los que se mantienen al pie de la madre. De esta manera se logra aumentar la eficiencia reproductiva del rodeo con el mismo número de terneros pero más pesados a los 180 días que en el destete precoz convencional, redundando en más kg de ternero destetado por vaca entorada (Simeone y Beretta, 2002). Así mismo el uso de dietas concentradas en edades tempranas donde se evidencia un menor consumo por kg ganado, permite utilizar esa mejor eficiencia con ganancias extraordinarias para la categoría (Beretta et al., 2012).

En estas etapas tempranas del desarrollo, los terneros necesitan para lograr ese potencial de crecimiento un manejo nutricional ajustado, sobre todo para cubrir los requerimientos proteínicos, que son los más altos en toda la vida del animal (Alberta Agriculture 1989, Owens y Zinn 1993, Funaba et al. 1994, Simeone y Beretta 2002, Beretta et al. 2012). Los terneros destetados precozmente, tienen una gran demanda de gramos diarios de proteína metabolizable en relación a su peso corporal y por consiguiente al consumo de materia seca. Por tal razón, el aporte exclusivo de proteína metabolizable a partir de la proteína microbiana puede resultar insuficiente para dichos requerimientos diarios, ya sea por cantidad o por carencia de algún aminoácido

esencial limitante. En este contexto, agregar a las dietas fuentes de proteína no degradable en rumen (PNDR) podría mejorar la performance de estos terneros. De todos modos la proteína microbiana presenta muy buen balance de aminoácidos esenciales en el duodeno (Santos et al., 1998a) y su cantidad depende del nivel de fermentación ruminal, por lo que en dietas con altos niveles de energía fácilmente fermentable y fuentes de nitrógeno que no limiten el desarrollo microbiano, como son dietas con urea, podrían cubrir los requerimientos, siendo dietas más baratas al no incluir fuentes de proteína verdadera. Más allá de la viabilidad teórica, poco se sabe sobre el uso del nitrógeno no proteínico en terneros destetados precozmente.

Por otro lado, el uso de fuentes proteínicas con mayor nivel de PNDR como harina de soja o de pescado permite aumentar la independencia del aporte proteínico al duodeno de la fermentación ruminal en animales con un rumen en desarrollo, así como ofrecer niveles crecientes de PNDR que podrían afectar tanto la cantidad de proteína metabolizable como también el perfil de aminoácidos aportados al duodeno

En función de lo expuesto, el presente trabajo tiene por objetivo evaluar el efecto de la fuente de proteína de la dieta (nitrógeno no proteínico vs proteína verdadera de diferente degradabilidad ruminal) sobre la performance de terneros de destete precoz alimentados a corral con dietas altamente concentradas.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. INTRODUCCIÓN

Entre las diversas alternativas tecnológicas que permiten mejorar la performance reproductiva de las vacas de cría, el destete precoz es considerado la más adecuada a las condiciones predominantes de nuestro país y consiste en la separación definitiva del ternero de su madre a una edad temprana (60 a 90 días y entre 70 y 80 kg de peso vivo) (Simeone y Beretta 2002, Quintans y Vazquez 2002, Simeone y Beretta 2008).

Los terneros destetados precozmente deben ser alimentados con una adecuada concentración energética de dieta, ya que su rumen no es completamente funcional (Alberta Agriculture 1989, Owens y Zinn 1993, Funaba et al. 1994, Simeone y Beretta 2002). Esto implica que, ya sea que el destete se realice sobre campo natural o sobre pasturas sembradas, los terneros deben ser suplementados con raciones con elevada concentración energética para lograr ganancias similares a las que lograrían al pie de la madre. La opción del destete a corral, además de buscar una ganancia superior, tiene como implicancia la supresión total de la pastura, tornando al animal dependiente de las características de la ración ofrecida. Dado la etapa del desarrollo en que el animal se encuentra, el manejo de la nutrición proteínica es un aspecto clave para la expresión del potencial de crecimiento y mejora de la eficiencia de conversión (Alberta Agriculture 1989, Owens y Zinn 1993, Funaba et al. 1994, Simeone y Beretta 2002, Beretta et al. 2012).

En esta revisión se abordará el tema de la nutrición proteínica desde la perspectiva del potencial impacto ejercido por la fuente proteínica utilizada en la formulación de la dieta.

Primeramente se analizarán las características de los terneros destetados precozmente a tener en cuenta para formular las dietas y la estrategia de alimentación. Se presentará la proteína metabolizable como la forma de evaluar el aporte sumado de la proteína de sobrepaso aportada por la dieta y la proteína microbiana, y los efectos que genera el uso de NNP sobre esta última. Este aspecto permite discutir los requerimientos de la categoría en términos de proteína metabolizable y aminoácidos; evaluando en qué situaciones la necesidad de mayores cantidades de proteína metabolizable se puede corregir incluyendo fuentes dietarias que aporten aminoácidos directamente al duodeno.

En la misma línea de razonamiento, una vez evaluados los requerimientos se comienza a delinear los tipos de aporte de fuentes nitrogenadas de la dieta, marcando las diferencias que se generan a partir del suministro de proteína verdadera o de nitrógeno no proteínico (NNP) y haciendo especial énfasis en los aspectos que implica la utilización y la eficiencia del NNP. A posteriori se presenta específicamente los tipos de fuentes nitrogenadas utilizadas en el experimento.

De acuerdo con esto también se revisaron distintos trabajos que evaluaron la sustitución de distintas fuentes de proteína y la consiguiente variación en el aporte de PNDR a los animales.

## 2.2. CRECIMIENTO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN DEL TERNERO DESTETADO PRECOZMENTE

Los terneros destetados en forma convencional tienen una ganancia al pie de su madre en torno a 0,5 a 0,6 kg/día llegando al destete entre los 6 y 8 meses con 140 a 150 kg de peso vivo. Terneros destetados precozmente a pasto con suplementación energético-proteínica, registran similares ganancias y peso a igual edad, con eficiencias de conversión del suplemento a campo natural de 3 a 1 (suplementando al 1,3 % del PV) y del 3,6 a 1 en pasturas sembradas (suplementando al 1 % del PV) (Simeone y Beretta 2002, Beretta y Simeone 2008).

Scaglia (1998) analizando la técnica del creepgrazing, buscando un mayor peso al destete y una mejora en la condición corporal de las madres, obtuvo ganancias de 0,56 kg/día (significativamente diferentes a 0,41 en terneros testigo) y una tendencia a mejorar la condición corporal y peso de las vacas.

El sistema de destete precoz a corral propuesto por Beretta et al. (2012) cambia el paradigma y promueve finalizar la cría de los terneros con pesos notablemente mayores a los antes mencionados.

Para este se reportan ganancias de hasta 1,2 kg/día con dietas de una relación voluminoso: concentrado de 20:80 (18% proteína cruda, 80% digestibilidad) ofrecidas ad libitum (Beretta et al., 2012). A esto se le suma la buena eficiencia de conversión de la dieta, reportándose valores promedio de 3,7 kg de materia seca consumida por cada kg de peso vivo ganado (Beretta et

al., 2012). Estos valores son muy buenos si se los compara con manejos en los que se debe suplementar a las vacas lactando para así mejorar los índices de preñez o incluso producir pesos al destete mayores, representando una doble conversión del alimento (Rovira 1996, Simeone y Beretta 2002, Beretta y Simeone 2008, Beretta et al. 2012). Debido a la mayor proporción de pasto en relación a la leche consumida por los terneros al transcurrir su crecimiento, estos necesitan menos kg de leche por kg de peso vivo que ganan. Sin embargo si solo se alimentaran con leche, debido al aumento del valor calórico de la ganancia de peso, requerirían cada vez más cantidad de leche por kg de peso vivo ganado (Cantet, 1983). Así entonces la leche va perdiendo eficiencia como alimento para ese ternero en crecimiento; además las vacas tienen su pico de producción de leche entre uno y tres meses seguidos del parto, donde es máxima la partición de nutrientes hacia esa actividad. Luego de este periodo la producción de leche cae al igual que la partición de nutrientes para ella, destinando hacia otros tejidos los asimilados, como puede ser entre los más relevantes la ganancia de peso. Por esto, suplementar con el objetivo de aumentar la producción de leche para obtener terneros más pesados, tiene baja eficiencia de conversión de ese alimento extra y suplementar con el objetivo de aumentar la condición corporal de esa vaca, también (Cantet, 1983).

En las etapas tempranas del desarrollo la ganancia diaria se compone mayormente por la deposición de músculo, hueso y agua mientras que la de grasa es muy baja, lo que determina que los requerimientos proteínicos de estas categorías sean mayores, pero también que se puedan lograr mejores eficiencias de conversión de la dieta que en etapas más avanzadas donde la deposición de grasa se vuelve más importante frente a la de músculo (NRC 2000, Simeone y Beretta 2002, Di Marco, citado por Pordomingo 2005, Simeone y Beretta 2009).

Dado el alto peso relativo de la deposición de músculo en esta etapa del desarrollo el aporte de proteína metabolizable y/o su composición aminoacídica pueden ser factores claves a tener en cuenta para su alimentación. Debido a la capacidad de fermentación limitada de esta categoría por tener un rumen en desarrollo, la proteína microbiana podría no cubrir los requerimientos proteínicos por si sola para lograr las ganancias objetivo; estas podrían alcanzarse aportando fuentes de proteína no degradable en rumen de forma de que sean directamente digeridas a nivel del intestino (Alberta Agriculture 1989,

Owens y Zinn 1993, Funaba et al. 1994, Simeone y Beretta 2002, Beretta et al. 2012).

Las ganancias buscadas para terneros de destete precoz son a veces elevadas en comparación con la capacidad de consumo y digestión de alimentos sólidos que permitan el crecimiento máximo de esta categoría por causa de un menor desarrollo del rumen (Funaba et al., 1994). Leibholz, citado por Funaba et al. (1994) indica que luego del destete, la capacidad del rumen para digerir la proteína de la dieta aumenta paulatinamente a medida que aumenta su volumen, mejora su funcionalidad y en consecuencia aumenta su masa microbiana. Esto determina que la concentración energética y proteínica en la dieta para cubrir sus requerimientos también deba ser elevada ya que la digestión de alimentos voluminosos requieren un mayor desarrollo ruminal (por ejemplo, ganancias en torno a 600 g/día requieren una concentración energética de 2.6 Mcal/kg) (Funaba et al. 1994, Simeone y Beretta 2002).

### 2.3. REQUERIMIENTOS PROTEÍNICOS

Hasta 1984, los requerimientos proteínicos de los animales, eran expresados en términos de proteína cruda (NRC, 2000). En este sistema, la concentración de proteína cruda en un alimento era determinada multiplicando su concentración de nitrógeno por el factor 6,25, debido a que las moléculas proteínicas tienen un promedio de 16% nitrógeno ( $1/16 = 6.25$ ) (Lalman, 2004).

En 1985, El Subcomité en el uso de Nitrógeno en Rumiantes, presentó fundamento para expresar los requerimientos de proteína en términos de proteína absorbida, el cual fue adoptado por el Subcomité en Nutrición para Ganado Lechero. Desde entonces, la proteína absorbida es sinónimo de proteína metabolizable, un sistema que toma en cuenta la degradación ruminal de la proteína, y separa los requerimientos en necesidades de los microorganismos y del animal. La proteína metabolizable se define como la proteína verdadera absorbida por el intestino, y disponible para su metabolismo, compuesta por la proteína microbiana verdadera y la proteína digestible no degradable ruminalmente (AFRC 1993, NRC 2000).

Hay dos grandes razones por las cuales se adopta este nuevo sistema. La primera es, que hoy en día hay mayor información acerca de los componentes de la proteína metabolizable (proteína microbiana y proteína no degradable ruminalmente) que permite realizar predicciones más acertadas de lo que se podía obtener en 1984. La segunda razón, es que el sistema de

proteína cruda está basado en una suposición no válida: que todas las raciones se degradan en el rumen en igual medida, convirtiendo proteína cruda en metabolizable con una eficiencia igual para todas las dietas (NRC, 2000).

Las proteínas son unidades químicas formadas por cientos de aminoácidos; los aminoácidos, son compuestos orgánicos que contienen (además de carbono) nitrógeno, oxígeno, y en algunos casos, azufre. Las proteínas son el componente principal de los tejidos animales, y son consumidas por ellos a lo largo de su vida para ser utilizadas en la síntesis de músculo, proteínas sanguíneas, y demás partes del organismo. En los animales no-rumiantes, la proteína debe ser aportada en las cantidades adecuadas por la dieta; sin embargo en los rumiantes, los microorganismos ruminales (bacterias y protozoarios) degradan la mayoría de las proteínas contenidas en la dieta para utilizar el nitrógeno y los aminoácidos en su propio metabolismo y formación celular, los cuales son luego digeridos y absorbidos en el abomaso e intestino delgado del rumiante. Estos microorganismos, tienen sus propios requerimientos proteínicos, y deben recibir las proteínas adecuadas para poder digerir los forrajes hasta obtener los productos finales que pueden entonces ser absorbidos y utilizados por ellos y el animal (Alberta Agriculture 1989, García Sacristán et al. 1995, Lalman 2004, CSIRO 2007).

La síntesis de proteína microbiana en el rumen permite a los rumiantes subsistir y producir sin disponer de una fuente proteínica presente en la dieta, por lo que la utilización de las proteínas por parte de estos es significativamente diferente a la de los animales monogástricos, siendo así menos dependientes de su calidad y/o cantidad presente en la ingesta (Roy 1980, Owens y Zinn 1993, Garriz y López 2002, Relling y Mattioli 2003).

Entre el 20 y el 60 % de la MS de los microorganismos ruminales es proteína bruta, siendo en promedio las bacterias el 50% y los protozoos un 40%, estos últimos más variables en su contenido proteínico (Owens y Zinn, 1993).

Los rumiantes, a diferencia de los microorganismos que les proveen de proteína, tienen necesidades proteínicas variables. Estas variaciones se deben a los cambios fisiológicos que enfrenta el animal, además de que pueden acentuarse de acuerdo al manejo al que estén sometidos. Los distintos requerimientos son importantes no solo para el crecimiento y desarrollo del animal, sino también para la formación de productos para los que son destinados (carne, leche) (Ørskov 1988, García Sacristán et al. 1995). Por

ejemplo, según Kay, Bowers y McKiddie, citados por Braman et al. (1973), la etapa de desarrollo afecta los requerimientos. Empleando dietas concentradas a base de cebada y suplementadas con varios niveles de harina de soja, encontraron que novillos que pesaban menos de 250 kg expresaban mayores ganancias con dietas de 14 y 17 % proteína cruda que con las de 11 %; sin embargo novillos con pesos superiores a 250 kg no respondieron a mayores concentraciones proteínicas en la dieta. Esto evidencia que los requerimientos proteínicos en etapas de terminación pueden disminuir al aumentar la madurez fisiológica o el tiempo de alimentación. Acorde con esto, Roy (1980) expresa que para una misma tasa de ganancia, cuanto mayor sea el peso del ternero, menor será el requerimiento de proteína en la dieta.

Por otro lado, la proteína ingerida por encima de los requerimientos se emplea en parte, como energía para los microorganismos del rumen o directamente para el animal (por oxidación de aminoácidos) (Owens y Zinn, 1993).

La síntesis de proteínas por parte de los vegetales y la mayoría de los microorganismos se da a partir de compuestos nitrogenados sencillos, como los nitratos; pero en el caso de los animales algunos aminoácidos deben ser recibidos de la ración debido a que no pueden sintetizar el grupo amino. Mediante el proceso de transaminación, éstos pueden obtener los esqueletos carbonados de algunos aminoácidos, pero ciertos esqueletos carbonados no pueden sintetizarse en el organismo animal, por lo que reciben el nombre de aminoácidos esenciales o indispensables (esto no quiere decir que los demás aminoácidos no sean necesarios para el animal, sino que no es necesario incluirlos en la ración). Estos aminoácidos esenciales son: leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, valina, triptófano, histidina y arginina (Wolfrom y Asplaund 1979, McDonald et al. 2002, De Ondarza 2004, CSIRO 2007).

Debido a la degradación ruminal de la proteína contenida en la dieta realizada por los microorganismos, y a que la conformación de aminoácidos en dichos microorganismos ruminales es adecuada para el ganado (en términos de aminoácidos esenciales), la composición aminoacídica del alimento y el forraje por lo general no es crítica comparada al caso de los animales no-rumiantes (cuadro No. 1). Los microorganismos ruminales pueden sintetizar todos los aminoácidos, incluyendo los que son esenciales para el animal, de forma que el hospedero obtiene estos aminoácidos independientemente de su presencia en

la dieta. Por otro lado, la prioridad debería ser aportar proteína que esté disponible ruminalmente para permitir el crecimiento microbiano y consecuentemente la correcta digestión del forraje (Chalmers 1962, Tamminga 1979, Roy 1980, Nava y Díaz 2001, McDonald et al. 2002, Relling y Mattioli 2003, Lalman 2004).

Cuadro No. 1. Composición aminoacídica del tejido animal y la proteína microbiana (%PC)

| <b>Aminoácido</b> | <b>Tejido animal</b> | <b>Microorganismos</b> |
|-------------------|----------------------|------------------------|
| Metionina         | 2.0                  | 2.60                   |
| Lisina            | 6.4                  | 7.90                   |
| Histidina         | 2.5                  | 2.00                   |
| Fenilalanina      | 3.5                  | 5.10                   |
| Triptofano        | 0.6                  | —                      |
| Treonina          | 3.9                  | 5.80                   |
| Leucina           | 6.7                  | 8.10                   |
| Isoleucina        | 2.8                  | 5.70                   |
| Valina            | 4.0                  | 6.20                   |
| Arginina          | 3.3                  | 5.10                   |

Fuente: NRC (2000).

Las variaciones en las dietas no afectan la composición de la proteína microbiana. Las observaciones realizadas por Weller quien afirmaba que la composición en aminoácidos de la proteína microbiana varía poco para las distintas raciones, fueron confirmadas por Storm y Ørskov, citados por Ørskov (1988) a partir del análisis de la composición microbiana resultado de 62 diferentes fuentes; por lo que puede decirse que el balance aminoacídico de la proteína microbiana es más o menos constante (Chalmers 1962, Young et al. 1973, Ørskov 1988).

Los requerimientos de aminoácidos esenciales por parte de los animales varían según hacia qué función se particionen y también con el nivel productivo, por lo que las necesidades de aminoácidos para crecimiento de los animales dependen de sus tasas de crecimiento. De esta forma, la suplementación con aminoácidos esenciales que sobrepasen el rumen, puede ser de utilidad en condiciones de animales con altos requerimientos, cuando el consumo de proteína es restringido o cuando se usen dietas con nitrógeno no

proteínico y además se busque alta producción o rápido crecimiento (Roy 1980, Hagemester 1981, Owens y Zinn 1993, Santos et al. 1998a). Además, no solo el balance de los aminoácidos absorbidos es importante, sino también la cantidad absoluta de estos que es absorbida. En las condiciones arriba mencionadas, la síntesis de aminoácidos por los microorganismos del rumen no sería suficiente para cubrir los requerimientos, necesitando un nivel superior de aminoácidos y proteínas intactas en su ingesta que alcancen el intestino (Young et al. 1973, Roy 1980, Alberta Agriculture 1989, Owens y Zinn 1993, Merchen y Titgemeyer 1997, Santos et al. 1998b).

Richardson y Hatfield (1978) prueban que la suplementación postruminal con metionina, lisina y treonina aumenta la retención de nitrógeno para ganado en crecimiento, concluyendo de sus experimentos que éstos son respectivamente el primer, segundo y tercer aminoácido limitante de la proteína microbiana. Según esto, parece necesario para incrementar la performance, aportar a los animales una fuente de proteína que logre sobrepasar la digestión ruminal y llegar al duodeno con cantidades apropiadas de estos aminoácidos.

La principal función de la proteína o del nitrógeno no proteínico añadidos en las dietas, es no limitar el desarrollo de microorganismos ruminales de forma de asegurar la digestión de los carbohidratos, y adicionalmente, debe lograrse un nivel de aminoácidos en el intestino delgado que cubra las necesidades del animal. Dado que el perfil de aminoácidos de la proteína microbiana es el más ajustado a los requerimientos del animal, cuando la síntesis de ésta alcanza para cubrir los requerimientos, la sustitución de proteína degradable por no degradable en rumen puede resultar inútil o incluso perjudicial ya que empeoraría el balance de los aminoácidos que llegan al intestino delgado y adicionalmente podría perjudicar la digestión ruminal de los carbohidratos (Santos et al., 1998b). Por el contrario, cuando la proteína microbiana no es suficiente, la adición de proteínas que simplemente escapen a la digestión ruminal no alcanza, además deben escapar con el perfil de aminoácidos correcto para ser complementario al de la proteína microbiana que llega desde el rumen. Si estos perfiles son similares, probablemente no se corrijan deficiencias y se puede incurrir en excesos de algunos aminoácidos. Esto implica que estos aminoácidos en exceso deban ser desaminados, elevando el amoniaco en sangre, el gasto de energía y bajando la retención de nitrógeno al aumentar la excreción (Chandler 1989, Owens y Zinn 1993, Santos et al. 1998b). Para un uso eficiente del nitrógeno y síntesis de proteína, los rumiantes

requieren un aporte continuo de aminoácidos con el balance apropiado (Bergen 1979, Trenkle 1986, Merchen 1992).

En cuanto a déficits de proteína en la dieta, el principal síntoma es una disminución del apetito, se reduce la ingestión y consecuentemente el consumo de energía, lo que generalmente deriva también en deficiencias energéticas, causando bajas ganancias de peso o incluso pérdidas (Alberta Agriculture, 1989).

## 2.4. METABOLISMO DEL NITRÓGENO

### 2.4.1. Proteína verdadera

En los monogástricos, se denomina valor biológico a la eficacia con que la proteína es metabólicamente utilizada por el animal, y es un índice que define qué porcentaje de la proteína absorbida es retenida por el organismo. Cuanto más similar sea la composición aminoacídica en la proteína del alimento a la proteína que deba formar el animal, mayor será su valor biológico; en general, este índice es mayor en las proteínas de origen animal que en las vegetales (Roy 1980, García Sacristán et al. 1995, McDonald et al. 2002).

En rumiantes, la dieta parecería no tener influencia en el valor biológico de la proteína microbiana, aunque esta sí influye en la proteína que llega al intestino delgado por medio de la proteína no degradable en rumen. Esto es porque si bien se han aislado cepas bacterianas con diferente digestibilidad de su proteína, el perfil aminoacídico es similar entre ellas (Owens y Zinn, 1993).

Los efectos de degradación y síntesis proteínica así como los de reciclaje de nitrógeno regulan la calidad y cantidad de la proteína que llega al intestino delgado. Dietas con proteína de bajo valor biológico son complementadas por la proteína microbiana, así como proteína dietaria de alto valor biológico es degradada en el rumen y puede perderlo. Dietas inferiores a 13-15% de proteína bruta registran valores superiores al salir del rumen, y la situación es inversa si la dieta supera estos valores de proteína bruta, siendo esto causado por la absorción y reciclado del N por el rumen (Owens y Zinn, 1993). Por ejemplo, Cuthbertson y Chalmers, citados por Chalmers (1962) demostraron que la caseína tenía poco valor como fuente proteínica a no ser que se diera directamente en el duodeno sobrepasando el rumen. Esto indica

que la rápida degradación ruminal de la caseína reduce su calidad como aporte proteínico que de otra manera es de alta calidad (Chalmers, 1962).

Las fracciones nitrogenadas de la ración presentan distinta susceptibilidad a la degradación ruminal, pudiendo ser desde inmediatamente degradadas hasta no degradables; es así que varía la magnitud en que las proteínas se degradan en el rumen y se digieren al llegar al intestino delgado (McDonald et al., 2002).

Dicha degradabilidad depende de factores como la superficie que presenten susceptible de ser atacada por los microorganismos, la acción protectora de ciertos componentes y también las características físicas y químicas de la proteína (por ejemplo enlaces di-sulfuro). No se constituye como factor principal la solubilidad de la proteína, ya que por ejemplo la caseína es de baja solubilidad pero fácilmente degradada en el rumen, y la albúmina de alta solubilidad es resistente a ésta degradación. Por esto, la solubilidad de la proteína es un mal indicador de su degradación ruminal (Owens y Zinn 1993, McDonald et al. 2002). Esto contrasta con lo que menciona McDonald en publicaciones anteriores citadas por Lewis (1962) donde presenta una tesis en la que expresa que la velocidad de fermentación depende de la solubilidad de la proteína (salvo excepciones como la albúmina sanguínea).

La magnitud en que la fracción nitrogenada es efectivamente degradada en el rumen depende principalmente de su degradabilidad potencial (factor propio del alimento) y tasa de degradación (interacción con los microorganismos). Por lo tanto dependerá del tiempo que permanezca en el rumen (tasa de pasaje) la fracción que efectivamente será degradada. Conforme aumente la tasa de pasaje, disminuye la degradación ruminal efectiva debido a un menor tiempo de exposición al ataque microbiano. Dicha tasa de pasaje a su vez se encuentra afectada por la velocidad de consumo y el tamaño de partícula del alimento (Owens y Zinn 1993, Tamminga 1979, NRC 2000, McDonald et al. 2002)

También son importantes las condiciones del medio ruminal como solvente en el que se encontrará la proteína, siendo destacables características como concentración enzimática, pH, intensidad iónica y osmótica (Owens y Zinn, 1993).

El porcentaje de proteína que escapa a la degradación microbiana del rumen varía no solo de un tipo de proteína a otro, también hay variaciones en

los resultados de evaluar una misma proteína según la dieta en la que esté contenida y además varía según el tipo de análisis que se realice para determinarla. Es por esto que solo se pueden clasificar las proteínas en alto, medio y bajo escape y no es posible manejar datos precisos para la generalidad de los casos (Owens y Zinn, 1993).

En un mismo alimento, se encuentran diferentes tipos de proteínas con sus respectivas tasas de desaparición ruminal, que dependiendo del tiempo de permanencia en el rumen podrán escapar o no, intactas de él. Pero además, los perfiles de digestión ruminal son marcadamente interferidos por el grado de asociación que tenga la proteína con la membrana de las células vegetales, modificando directamente la proteólisis. En la mayoría de los alimentos la proteína es liberada luego de ser digerida la estructura de la membrana celular, por lo que la digestión de la proteína va paralela a la digestión de las sustancias secas. La excepción son alimentos como harina de pescado, girasol o alfalfa donde el tratamiento térmico causa posiblemente que la proteína del contenido celular se adhiera a la membrana celular y se dificulte la digestión. En estos casos la digestión proteínica se comporta independiente de la digestión de la sustancia seca. Estos aspectos hacen que la proteólisis de la proteína de las membranas celulares varíen con la dieta, ya que la potencial digestión ruminal de las proteínas es una suma de velocidades proteolíticas de los diversos tipos de proteína, con influencia adicional de la digestión de la membrana celular, la cual varía según las condiciones ruminales imperantes, y que dependen de la dieta consumida (Owens y Zinn, 1993).

Dicho esto, el perfil aminoacídico de la proteína dietaria no degradada que abandona el rumen no es el mismo que el de la proteína ingerida; esto se debe a que los microorganismos del rumen utilizan más algunos aminoácidos que otros, dejando pasar al abomaso un mayor porcentaje de aquellos que no utilizan (De Ondarza, 2004). En el cuadro No. 2 se muestra la variación en composición de algunos aminoácidos esenciales para dos fuentes de proteína verdadera luego de ser incubados en el rumen; valores superiores a 1,00 indican que el aminoácido fue menos degradado que los otros, valores por debajo de 1,00 indican que ese aminoácido fue más degradado que los demás.

Cuadro No. 2. Relación de concentración de aminoácidos antes y después de ser incubados en el rumen.

| <b>Aminoácido</b> | <b>Fuente proteínica</b> |                          |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|
|                   | <b>Harina de Soja</b>    | <b>Harina de Pescado</b> |
| Lisina            | 0,90                     | 1,11                     |
| Metionina         | 0,92                     | 0,70                     |
| Arginina          | 0,88                     | 0,94                     |
| Isoleucina        | 1,01                     | 1,11                     |
| Leucina           | 1,02                     | 1,15                     |

Fuente: Susmel et al., citados por De Ondarza (2004).

En el caso de los rumiantes, tanto la composición aminoacídica como la degradabilidad ruminal juegan un rol importante al determinar el valor nutritivo de una proteína; en casos en los que la proteína es de baja degradabilidad ruminal, cobra importancia su composición aminoacídica, mientras que cuando es de alta degradabilidad la composición pierde relevancia (Whitelaw y Preston, 1963).

#### 2.4.2. Nitrógeno no proteínico

La mayoría de los compuestos nitrogenados (orgánicos e inorgánicos) de los alimentos, son degradados rápidamente en el rumen por los microorganismos, entrando este nitrógeno en el pool de amoníaco ruminal. La capacidad de los microorganismos ruminales para convertir el nitrógeno inorgánico en proteína puede ser aprovechada incluyendo estos productos en la ración. Entre estos últimos el más utilizado es la urea (las bacterias del rumen tienen la capacidad de hidrolizar hasta 1 g/l/h de urea), aunque pueden emplearse varios derivados de la misma, o incluso sales amoniacales. El óptimo contenido de amoníaco en rumen depende también de la materia orgánica fermentable ya que por cada kg de la misma, los microorganismos retienen una cantidad de nitrógeno casi constante (Bartley y Deyoe 1981, Alberta Agriculture 1989, Owens y Zinn 1993, McDonald et al. 2002).

El tejido animal no produce ureasa, sino que la que se encuentra en el rumen la producen del 10 al 15 % de las bacterias que se adhieren a la pared

del rumen, y llega al contenido ruminal por medio de las descamaciones de células epiteliales (Owens y Zinn, 1993).

Una vez en contacto, la ureasa bacteriana hidroliza rápidamente la urea liberando amoníaco y dióxido de carbono, aumentando considerablemente los niveles del primero. Para que este amoníaco se incorpore rápidamente a la proteína microbiana, deben cumplirse dos condiciones. Primeramente, la concentración de amoníaco inicial debe ser subóptima, ya que de lo contrario, el amoníaco sería absorbido por las paredes del rumen y gran parte se perdería con la orina; y segundo, es necesario para la síntesis proteínica que los microorganismos dispongan de una fuente de energía fácilmente utilizable. Para que se cumplan estas condiciones, habitualmente se mezcla la urea con otros alimentos que aporten bajos niveles de proteína degradable en el rumen, pero gran cantidad de carbohidratos rápidamente fermentables (Lewis 1962, McDonald et al. 2002).

#### 2.4.3. Digestión, absorción y post-absorción

Una vez que los alimentos llegan al rumen, las proteínas (ruminalmente digestibles) son hidrolizadas por enzimas microbianas extracelulares (de las cuales la mayoría son endopeptidasas similares a la tripsina) hasta péptidos de cadena corta. Estos péptidos son luego absorbidos por los microorganismos en cuyo citosol son degradados a aminoácidos, los cuales pueden ser utilizados en la formación de proteína microbiana, o degradados por la vía de los ácidos grasos volátiles para producir energía. Para entrar en esta vía, los aminoácidos deben primero ser desaminados, liberando un esqueleto carbonado y amoníaco. El amoníaco producido, así como los péptidos sencillos y aminoácidos libres, son el principal compuesto utilizado por estos microorganismos para sintetizar su proteína microbiana, además de diversos componentes nitrogenados de la pared celular y ácidos nucleicos (Lewis 1962, Tamminga 1979, Bartley y Deyoe 1981, NRC 1985, Nava y Diaz 2001).

Parte de esta proteína microbiana es también degradada en el rumen y su nitrógeno reciclado (captado por otros microorganismos). Cuando los microorganismos atraviesan el abomaso y el intestino, sus proteínas celulares son digeridas y absorbidas por el animal (NRC 1985, Alberta Agriculture 1989, McDonald et al. 2002).

El intermediario clave en la degradación microbiana y síntesis proteínica es el amoníaco del líquido ruminal. Si la ración contiene un bajo nivel de

proteína, o si ésta es resistente a la degradación en el rumen, la concentración de amoníaco en el mismo será baja, y el crecimiento microbiano, lento; lo que causa que la degradación de los carbohidratos se retrase. En el caso opuesto, si la degradación de la proteína es más rápida que la síntesis, el amoníaco se acumulará en el líquido ruminal, y al superar la concentración óptima generará un medio desfavorable para el desarrollo de los microorganismos (Bartley y Deyoe 1981, McDonald et al. 2002, Lalman 2004).

Para contrarrestar estos efectos, cuando ocurre una deficiencia de amoníaco en el rumen, parte de la urea formada en el hígado por catabolismo proteínico endógeno puede regresar al rumen con la saliva, o directamente a través de la pared ruminal desde el torrente sanguíneo (hasta el 20% de lo formado por el hígado); lo que muestra que, en condiciones de bajo contenido proteínico en la dieta, los rumiantes conservan eficientemente el nitrógeno. Este fenómeno es llamado ciclo “rumino-hepato-salival” y su tasa de transferencia de nitrógeno es inversa a la concentración de amoníaco en el rumen. Por otro lado, de ocurrir exceso de amoníaco en el rumen, éste pasa a la sangre a través de la pared ruminal. Una vez en el hígado se convierte en urea que será luego filtrada de la sangre por los riñones y como no puede ser almacenada en los tejidos corporales, es excretada con la orina, dándose así, un desaprovechamiento del nitrógeno en la dieta (Dobson 1962, Lewis 1962, García Sacristán et al. 1995, Stritzer et al., citados por Garriz y López 2002, McDonald et al. 2002, Lalman 2004).

La relación existente entre la disponibilidad de proteínas e hidratos de carbono a nivel del rumen es determinante de la síntesis de células microbianas y por lo tanto de la nutrición del rumiante, siendo negativo tanto el exceso como el déficit de compuestos nitrogenados en relación a la energía disponible (NRC 2000, Nava y Díaz 2001). En la práctica, los microorganismos del rumen sintetizan proteína en relación con las cantidades de nutrientes que fermenten. En promedio, por cada kilogramo de materia orgánica digerida en el rumen se producen aproximadamente 200 g de proteína microbiana (variando entre 130 y 260 g/kg) (McDonald et al., 2002).

Por estos motivos, es que los microorganismos tienen un efecto “nivelador” sobre el aporte de proteína al animal; suplementan cualitativa y cuantitativamente las proteínas de los alimentos de mala calidad, aunque el efecto es negativo con los concentrados proteínicos. Para aprovechar la capacidad de síntesis de los microorganismos del rumen, es habitual

suplementar las raciones con urea para aportar el amoníaco necesario y así estimular la síntesis microbiana. Otro avance en este tema, consiste en la protección de las proteínas de buena calidad para evitar su degradación en el rumen, y permitir que lleguen al abomaso e intestino para ser digeridas (McDonald et al., 2002).

Al intestino delgado llega proteína procedente de tres fuentes: proteína de sobrepaso (de la dieta que no es descompuesta en el rumen), proteína microbiana y proteína endógena de las descamaciones y secreciones gástricas (Tamminga 1981, NRC 1985, Merchen 1993).

Una vez en el duodeno e intestino delgado, las proteínas y los péptidos provenientes de las distintas fuentes son atacados por las enzimas proteolíticas pancreáticas (tripsina, quimiotripsina y carboxipeptidasa principalmente) para ser degradados hasta oligopéptidos; éstos son luego degradados por oligopeptidasas y proteasas pancreáticas y del borde en cepillo del intestino delgado, resultando en aminoácidos, di y tri péptidos para así ser absorbidos. Pero esta actividad proteasa no es máxima hasta que el pH del quimo no alcanza un nivel óptimo mayor a 7,5 y debido a que ingresa al duodeno siendo bastante ácido, su pH aumenta lentamente a través del paso por el intestino (Merchen 1993, García Sacristán et al. 1995, Relling y Mattioli 2003). Es por esta razón, que la absorción en los rumiantes se realiza mayormente en el yeyuno e íleon, a diferencia de los no rumiantes. Los mecanismos sí son similares a los no rumiantes y han sido identificados al menos cuatro (y hasta seis) entre los cuales están: independientes de transportadores (mayormente para los D-aminoácidos), como difusión por canales, endocitosis o por vía paracelular; o dependientes de transportadores (mayoría de los casos para L-aminoácidos), los cuales son específicos y generalmente están asociados al gradiente electroquímico creado por el Na<sup>+</sup>. Estos luego salen del enterocito hacia la circulación portal por difusión facilitada (Merchen 1993, García Sacristán et al. 1995, Relling y Mattioli 2003).

Los principales pools de aminoácidos libres se encuentran en la sangre y en los fluidos extra e intra celulares de los tejidos. Estos aminoácidos así como provienen del tracto digestivo, también pueden provenir del catabolismo de proteínas corporales o de la síntesis de aminoácidos no esenciales. En animales en crecimiento, el mayor flujo de aminoácidos es hacia la síntesis de músculo pero otros destinos pueden ser oxidación (en el hígado), síntesis de

compuestos como ácidos nucleicos, o pueden también en una mínima proporción ser excretados (Trenkle 1986).

El desarrollo del músculo depende de un activo metabolismo que involucra los procesos de degradación y síntesis de proteína, de forma que cuando la tasa de síntesis supera a la tasa de degradación el resultado es el crecimiento muscular (Young et al. 1973, Young 1974, Bergen 1979, Trenkle 1986).

Conforme la concentración de aminoácidos aumenta en el plasma sanguíneo, aumenta la proporción en que son oxidados (lo que resulta en mayores pérdidas), pero ésta mayor concentración también estimula la síntesis a nivel muscular de manera muy importante a la vez que reduce el catabolismo (Bergen 1979, Trenkle 1986). Así mismo, Bergen (1979) resume que la concentración de aminoácidos en el plasma sanguíneo es reflejo de la cantidad de proteína digerida y de los aminoácidos absorbidos en el intestino delgado, quedando así demostrada la importancia de considerar al formular una dieta la proteína (microbiana o dietaria by-pass) que llegará al duodeno.

## 2.5. FUENTES DE PROTEÍNA PARA RACIONES

Los suplementos proteínicos para raciones son los alimentos que tienen un porcentaje de proteína cruda superior a 20%. Pueden ser de origen animal, vegetal (proteínas verdaderas) o incluso ser formulaciones de nitrógeno no proteínico. Además de variar en el contenido total de nitrógeno y en el aporte de aminoácidos, las distintas fuentes presentan distinta degradabilidad ruminal, lo que afecta en definitiva cuánto de la proteína ingerida llegará como tal al duodeno y cuánto será empleado por los microorganismos ruminales en la formación de su propia proteína.

Se describen a continuación cuatro fuentes proteínicas, elegidas debido a que difieren tanto en su naturaleza como en su degradabilidad ruminal, con el objetivo de presentar distintos tipos de proteína utilizados en la nutrición de rumiantes y contrastantes en estos aspectos. Harina de pescado, de origen animal y con alta proporción de proteína pasante (Husseini y Jordan, 1991); harina de soja, vegetal, muy usada (con menor nivel de fibra que el expeler de girasol) y con un nivel de proteína pasante intermedio (Heuzé et al., 2012); urea, una fuente de nitrógeno no proteínico totalmente degradable en el rumen (McDonald et al., 2002); y por último Optigen II®, una urea protegida empleada

en mezcla con la urea común (Marichal et al., 2009). Sus distintas características nutricionales se muestran en el cuadro No. 3. La composición aminoacídica de la harina de pescado y de soja están expresadas como proporción de la proteína no degradable en rumen, por lo que puede decirse que son los aminoácidos que efectivamente llegan al duodeno.

Cuadro No. 3. Composición nutricional de la harina de soja, harina de pescado, urea y Optigen II®.

|                            | Harina de<br>pescado* | Harina de<br>soja* | Urea* | Optigen** |
|----------------------------|-----------------------|--------------------|-------|-----------|
| <b>%MS</b>                 | 90                    | 89                 | 99    | 99        |
| <b>EM (Mcal/kg)</b>        | 2,64                  | 3,04               | 0     | 0         |
| <b>PC (%MS)</b>            | 67,9                  | 49,9               | 281   | 246       |
| <b>PDR (%PC)</b>           | 40                    | 65                 | 100   | 100       |
| <b>a</b>                   | 0,3                   | 0,12               | 1     | 0,25      |
| <b>b</b>                   | 0,63                  | 0,88               | 0     | 0,75      |
| <b>c</b>                   | 0,02                  | 0,08               | 0     | 0,08      |
| <b>Aminoácidos (%PNDR)</b> |                       |                    |       |           |
| <b>Met</b>                 | 2,84                  | 1,01               |       |           |
| <b>Lis</b>                 | 7,13                  | 5,36               |       |           |
| <b>His</b>                 | 2,3                   | 2,82               |       |           |
| <b>Fen</b>                 | 4,33                  | 4,94               |       |           |
| <b>Trp</b>                 | 1,52                  | 1,64               |       |           |
| <b>Tre</b>                 | 4,17                  | 3,52               |       |           |
| <b>Leu</b>                 | 7,01                  | 7,23               |       |           |
| <b>Ile</b>                 | 4,53                  | 4,65               |       |           |
| <b>Val</b>                 | 4,81                  | 5,09               |       |           |
| <b>Arg</b>                 | 7,19                  | 6,55               |       |           |

\*Fuente: AFRC (1993), NRC (2000).

\*\*Fuente: Mascardi (2007), Marichal et al. (2009).

a: N soluble en agua como proporción del N total. b: fracción potencialmente degradable (no incluye al N soluble) como proporción del N total. c: tasa fraccional de degradación de la fracción b por hora. EM: energía metabolizable; MS: materia seca; PC: proteína cruda; PDR: proteína degradable en rumen; PNDR: proteína no degradable en rumen.

A continuación se detallan las características de cada fuente proteínica.

### 2.5.1. Harina de pescado

Según las normas UNIT la harina de pescado “*es el producto de un proceso de desgrasado y deshidratado del pescado entero o residuos de su elaboración.*”

La harina de pescado es un muy importante sub producto de la industria pesquera. Según Barlow y Windsor (1983), en el mundo el 95% del material crudo que no se utiliza para consumo humano es procesado para convertirlo en harina de pescado.

Según Domínguez y Grau (2003) de comentarios obtenidos en visita a la planta de harinas y aceites de pescado FRIPUR, la harina de pescado en Uruguay se obtiene de residuos del procesamiento de la merluza blanca (*Merluccius hubbsi*) para consumo humano, representando el 99,5% del total, aunque las cabezas, colas, aletas, viseras y restos óseos son descartados en el mar, por lo que la materia prima contiene mayor proporción de carne y reducida cantidad de minerales óseos.

Estos autores basados en la misma visita a FRIPUR expresan que el proceso de obtención de la harina de pescado se trata de: cocción, prensado, tratamiento de los líquidos de prensado, deshidratación y por último molienda y envasado. Estos procesos la convierten en un producto estable que puede ser transportado sin deteriorarse (Barlow y Windsor, 1983).

De acuerdo con los valores presentados por NRC (2000) la harina de pescado posee un porcentaje de proteína cruda cercano al 68% de su materia seca, y aunque tiene una mayor fracción de nitrógeno soluble que la harina de soja, la proporción degradable es menor y es de degradabilidad más lenta (cuadro No. 3). De acuerdo con NRC (1985), ARC, citado por Hussein y Jordan (1991), FEDNA, citado por Domínguez y Grau (2003) es rica en proteína bruta de lenta degradación ruminal, pero de alta digestibilidad alcanzando valores del 90%.

Según Harris y Staples, FEDNA, citados por Domínguez y Grau (2003) la degradabilidad total de la harina de pescado alcanza en promedio 40 % con un coeficiente de variación de 26 %.

Según Cottrill et al. (1982) la inclusión de harina de pescado en la dieta tendió a reducir la digestión ruminal de la materia orgánica, pero aumentó significativamente el aporte de aminoácidos al duodeno.

Ludorff y Meyer, citados por Domínguez y Grau (2003) afirman que la proteína contenida en la carne de pescado presenta un elevado valor biológico para los rumiantes dada la clase y relación favorables de aminoácidos que la componen y sobre todo en lo que respecta a aminoácidos esenciales.

Tamminga, citado por Hussein y Jordan (1991) considera que el perfil aminoacídico de la harina de pescado es similar al que requieren los bovinos para su crecimiento o producción de leche.

Cuadro No. 4. Proporción relativa de aminoácidos esenciales de la harina de pescado en relación a la leche.

| <b>Fuente de Proteína</b> | <b>Met</b> | <b>Lis</b> | <b>Tre</b> | <b>Fen</b> | <b>Val</b> | <b>Ile</b> | <b>Leu</b> |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Harina de Pescado         | 100        | 80         | 68         | 69         | 59         | 47         | 58         |

Fuente: Chandler (1989).

Como puede verse en el cuadro No. 4, la harina de pescado contiene una buena cantidad de metionina y lisina, pero no así de leucina e isoleucina. Si asumimos que los aminoácidos esenciales necesarios son muy similares tanto para producción de leche como para crecimiento y deposición de músculo (Tamminga, citado por Hussein y Jordan, 1991), entonces esta proporción de aminoácidos debe tenerse en cuenta al formular una dieta.

No obstante, la importancia del perfil de aminoácidos de una fuente proteínica poco degradable es relativa. En una investigación realizada por O'Mara et al., citados por Domínguez y Grau (2003), se analizaron los cambios ocasionados en el perfil aminoacídico de las distintas fuentes de proteína en su paso por el rumen. Observaron que estos cambios se producían en forma apreciable en todos los casos, pero que fueron más cuantiosos en los de proteínas con más degradación ruminal, concluyendo que el perfil aminoacídico de un alimento no predice el perfil de la porción que escapa a la digestión ruminal. Además de que cada aminoácido es más o menos propenso a la degradación ruminal por sus propias características, también depende del alimento en que se encuentre. Así por ejemplo, lisina tendió a disminuir en todos los casos de incubación salvo cuando era parte de la harina de pescado, clasificándolo como el aminoácido esencial más degradable; la metionina por el contrario fue una de las más estables frente a la degradación ruminal para todos los alimentos. A pesar de esto la harina de pescado presentó pequeños

cambios en su perfil gracias a su elevado escape, a excepción de la glicina, siendo la fuente con mayores niveles de lisina y metionina luego de las incubaciones, constituyéndose así en la proteína de aporte dietario que llega al duodeno con el mejor perfil de aminoácidos, coincidiendo con lo que concluye Santos et al. (1998a).

O'Mara et al., citados por Domínguez y Grau (2003) también concluyeron que no se puede predecir el perfil aminoacídico de los residuos de la degradación ruminal a partir del perfil del alimento y mucho menos predecir el perfil de la proteína absorbida, afirmando que, 95% o más de los aminoácidos que ingresan al duodeno desaparecen durante la digestión por lo que el perfil de los residuos de la degradación sí sería un buen indicador del perfil que es absorbido en intestino.

Además de los cambios ocurridos en la digestión ruminal, ésta fuente proteínica en si misma también es muy variable. Por lo general, se considera a la harina de pescado como una elevada fuente de proteína de digestión post-ruminal, pero su degradación ruminal varía entre 30 y 70 % (Chandler 1989, Orskov et al., Miller, Hume, citados por Hussein y Jordan 1991). Este amplio rango, llevó a Kaufmann y Luppig, citados por Hussein y Jordan (1991) a concluir que, en la harina de pescado, la digestibilidad de la proteína cruda depende de varios factores que tienen lugar en su fabricación, tales como período de almacenaje del pescado, formas de secado, adición de formaldehído, entre otros.

Si la harina es obtenida de pescados enteros entonces tendrá mayor porcentaje de proteína, menor contenido de minerales y una variabilidad menor que cuando se extrae de desperdicios de plantas industrializadoras (Johnson y Savage, citados por Hussein y Jordan, 1991).

Otra fuente de incertidumbre en la predicción del comportamiento de esta fuente son los efectos que causa en el consumo, ya que se encontró depresiones en el mismo cuando la harina de pescado fue incluida en proporciones del 8% pero sin efectos si la inclusión no superaba el 5% (Mäntysaari et al., citados por Domínguez y Grau, 2003).

Estos aspectos contribuyen a explicar lo afirmado por Hussein y Jordan (1991), que de acuerdo con su revisión sobre la harina de pescado como suplemento en dietas para rumiantes en base a datos obtenidos en varios

experimentos conducidos en un rango de 20 años muestran la inconsistencia existente en la respuesta animal a este suplemento. En dicha revisión se recomienda que, de usarse, sea en animales jóvenes en activa etapa de crecimiento, expresándose que la harina de pescado no presenta ventajas frente a otros suplementos proteínicos vegetales si ésta va a ser usada en animales que se encuentren en etapas avanzadas del desarrollo, cuando sus requerimientos proteínicos pueden ser satisfechos por proteína de mayor degradabilidad ruminal.

Por otro lado, en Uruguay según el Decreto 139-96 (poder ejecutivo), se prohíbe *“...el uso de concentrados proteínicos y harinas de huesos, provenientes de mamíferos en la alimentación de rumiantes...”* como medida de prevención contra *“...encefalopatías espongiiformes trasmisibles, exóticas para la ganadería uruguaya...”* De esta manera la harina de pescado es la principal fuente de proteína de origen animal permitida (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, s.f.).

Por estas características y debido al alto requerimiento de aminoácidos que presentan los terneros en activo crecimiento, la harina de pescado puede considerarse como un suplemento proteínico para complementar su dieta ya que es una buena fuente de proteína no degradable en rumen rica en lisina y metionina (Hussein y Jordan 1991, Santos et al. 1998a, Rulquin y Verite´, citados por Schroeder y Gagliostro 2000)

#### 2.5.2. Harina de soja

La harina de soja es el subproducto resultante de la extracción del aceite de soja a partir de sus granos. Esto puede realizarse de dos formas, extracción por prensado o mediante solvente. En el primer caso los granos son partidos, escamados y cocidos para luego ser prensados de modo de extraer el aceite. Cuando se realiza la extracción mediante solvente (usualmente hexano), también deben ser previamente prensados de modo de reducir el contenido de aceite a niveles aptos para la acción del solvente. Lo que resta de los granos ya extraídos es secado para eliminar el solvente, tostado y molido. Si los granos fueron descascarados al inicio, parte de las cáscaras pueden molerse y agregarse al final para nivelar el contenido proteínico del subproducto, lo que origina dos tipos de harina de soja, una sin las cáscaras con 49-50% proteína cruda y 3% fibra cruda; y otra con cáscaras de 44-46% proteína cruda y 6-7% de fibra cruda (utilizada en este experimento). En los casos en los que el aceite

es extraído mediante solvente el contenido de aceite restante es de más o menos 2%, mientras que cuando la extracción es mecánica éste nivel supera el 3%. Mediante este proceso de extracción, y en el tratamiento con calor, también se eliminan las sustancias antigénicas y antinutritivas propias de las semillas de soja (McDonald et al. 2002, Heuzé et al. 2012).

La harina de soja es el suplemento proteínico más comúnmente utilizado en dietas para ganado cárnico y lácteo en el mundo (Cromwell, 1999). Es una fuente proteínica vegetal de elevada degradación ruminal y se estima que solo el 34% de su proteína escapa a la fermentación (en el caso de los granos de soja sin tratar escapa solo el 25%) (Lin y Kung, 1997). Mediante diversos tratamientos, se ha logrado aumentar su nivel de proteína bypass hasta un 70% (Chandler 1989, Waltz y Stern, citados por Lin y Kung 1997).

Dichos tratamientos pueden clasificarse en químicos o físicos; de los cuales los químicos a su vez pueden dividirse en métodos en los cuales los productos químicos se combinan con las proteínas (por ejemplo el formaldehído), y métodos en los que el químico desnatura las proteínas (por ejemplo alcohol, hidróxido de sodio, entre otros). Entre los métodos físicos, el más exitoso es el calor. Mediante el uso de harina de soja tratada con calor como suplemento proteínico, se han observado rápidos crecimientos en el ganado lechero y cárnico (Satter et al., citados por Lin y Kung, 1997).

El tratamiento con calor, causa la reacción de Maillard (reacción no enzimática entre los grupos aldehído de los azúcares y los aminoácidos libres de las proteínas, para formar un complejo amino-azúcar). El complejo formado, es más resistente a la hidrólisis enzimática que los péptidos normales, por lo que el suplemento proteínico se vuelve más resistente a la degradación ruminal (Lin y Kung, 1997). Otros procesos de desnaturación por calor asocian a la proteína con la lignina o con los taninos, siendo el ADIN el resultado de estas asociaciones del nitrógeno con la fibra detergente ácido del alimento. La digestibilidad de la proteína cruda se afecta a partir de valores de ADIN superiores al 12% del nitrógeno total ya que esta fracción no está disponible para el animal (Acosta 2004, Gallardo 2008).

Se puede decir que la proteína de soja tiene un buen balance aminoacídico ya que posee cantidades elevadas de fenilalanina, treonina y lisina pero presenta bajos niveles de Metionina, siendo este su primer aminoácido limitante. (Bergen 1979, Lin y Kung 1997, McDonald 2002, Heuzé et al. 2012). De los suplementos proteínicos de origen vegetal más utilizados, la

harina de soja es uno de los más altos en porcentaje de aminoácidos esenciales como proporción de su proteína cruda. Cuando es combinada con maíz (cuyo primer aminoácido limitante es la lisina) se obtiene un muy buen balance proteínico (Lin y Kung 1997, Heuzé et al. 2012, cuadro No. 5).

Cuadro No. 5. Proporción relativa de aminoácidos esenciales de la harina de soja en relación a la leche.

| Fuente de Proteína | Met | Lis | Tre | Fen | Val | Ile | Leu |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Harina de Soja     | 56  | 70  | 74  | 100 | 60  | 55  | 56  |

Fuente: Chandler (1989).

En comparación con harina de canola (otro subproducto de la industria oleaginosa), Khorasani et al. (1990) destacan que aunque la harina de soja posee una menor concentración de metionina (lo que redundó en un menor consumo del mismo en sus experimentos), el flujo al duodeno de este aminoácido fue mayor que para la dieta con harina de canola. Contrariamente, la digestibilidad (tanto intestinal como total) de la metionina fue menor en la harina de soja, pero la del resto de los aminoácidos esenciales fue mayor.

Braman et al. (1973) aportando distintos niveles de harina de soja en dietas 100% a base de concentrado (resultando en raciones de entre 11 y 18% proteína cruda) en novillos, obtuvieron ganancias de entre 1,32 y 1,58 kg/día, mientras que empleando urea como sustituto proteínico para los mismos fines las ganancias se ubicaron entre 1,23 y 1,45 kg/día.

### 2.5.3. Urea

A diferencia de las fuentes proteínicas anteriores, la urea es un compuesto nitrogenado no proteínico sólido, de fórmula  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Es sintetizado en plantas químicas al fijar el nitrógeno del aire a elevada temperatura y presión. Aunque es principalmente utilizada como fertilizante, es el compuesto nitrogenado no proteínico más utilizado en alimentación animal gracias a su precio, facilidad de uso, apetecibilidad y toxicidad. Su contenido en nitrógeno es de 464 g/kg, equivalente a un nivel de proteína bruta de entre 2800 y 2900 g/kg (NRC 2000, Garriz y López 2002, McDonald et al. 2002, Escalona et al. 2007).

Como se mencionó anteriormente, al llegar al rumen la urea es hidrolizada rápidamente y el amoníaco liberado es utilizado por los

microorganismos en su metabolismo. Según se puede ver en el cuadro No. 6 la proteína microbiana tiene el mejor perfil de aminoácidos esenciales en comparación con las otras dos fuentes de proteína, aunque también es bajo en leucina e isoleucina. En base a esto utilizar urea como fuente de nitrógeno no proteínico en las raciones busca aportar un nivel elevado de amoníaco al rumen a fin de maximizar la producción de proteína microbiana de forma de que ésta sea suficiente para cubrir las necesidades del animal (Bartley y Deyoe 1981, Alberta Agriculture 1989, Owens y Zinn 1993, NRC 2001, Garriz y López 2002, McDonald et al. 2002).

Cuadro No. 6. Proporción relativa de aminoácidos esenciales de la proteína microbiana en relación a la leche.

| <b>Fuente de Proteína</b> | <b>Met</b> | <b>Lis</b> | <b>Tre</b> | <b>Fen</b> | <b>Val</b> | <b>Ile</b> | <b>Leu</b> |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Microorganismos           | 97         | 100        | 100        | 97         | 66         | 61         | 54         |

Fuente: Chandler (1989).

La cantidad de urea que puede ser utilizada por el rumiante, o la cantidad de proteína de la ración que puede ser sustituida por urea depende de varios factores: cantidad y naturaleza de la proteína verdadera aportada por la ración, cantidad y tipo de carbohidratos de la dieta, y, toxicidad de la forma de urea empleada. Otros factores como la edad del animal, cantidades de ciertos aminoácidos y minerales, y la duración del período de alimentación pueden tener efectos variables en la utilización de la urea (Reid, 1953).

En cuanto a la naturaleza de la proteína en la ración, cuando hay mayor proporción de proteína insoluble en la dieta, la cantidad de amonio formado a partir de ésta proteína es pequeña, favoreciendo así una utilización más eficiente de la urea por los microorganismos (McNaught y Smith, citados por Reid, 1953).

En cuanto al efecto por tipo de carbohidratos en la dieta, es importante la velocidad con la que son degradados por los microorganismos, aun cuando se trabaja con dietas concentradas. La utilización del amonio depende de la multiplicación microbiana y ésta de la disponibilidad de energía. Por esto la coordinación temporal, de la liberación del amonio y la disponibilidad de energía, hace que mejore la fluctuación de amonio en el rumen (Lewis 1962, Bartley y Deyoe 1981, Owens y Zinn 1993, NRC 2000, Di Marco y Aello 2005).

La presencia de celulosa y otros carbohidratos más complejos que el almidón en la dieta, no resultan en un aumento apreciable en la utilización de la

urea. Esto puede explicarse por causa de la lenta hidrólisis de la celulosa, lo que impide que los carbohidratos estén disponibles para los microorganismos en el momento necesario luego de la ingesta (Reid 1953, Lewis 1962). Así también, al emplearse melazas como principal fuente de carbohidratos, la utilización de la urea por los rumiantes es sólo parcial, lo que puede significar que los azúcares en la melaza son absorbidos o abandonan el rumen demasiado rápido como para que los microorganismos puedan utilizarlos (Reid, 1953, NRC 2000). El uso de almidón en cambio, permite mucha más eficiencia en la conversión de urea en proteína, gracias a su apropiada velocidad de degradación ruminal, permitiendo así que la síntesis de proteína microbiana supere a la hidrolización (Reid 1953, NRC 2000, Mac Loughlin, citado por Beraza et al. 2010). En dietas para rumiantes en base a concentrados, si las demás condiciones son satisfactorias, el almidón en los cereales de la ingesta es suficiente para permitir una síntesis proteínica satisfactoria (Reid 1953, Lewis 1962, Bartley y Deyoe 1981, NRC 2000).

Por otra parte, Rotger et al. (2006), Cole y Todd (2008) concluyen que aunque *in vitro* la sincronización entre la fermentación de la proteína y de los carbohidratos logra mayor digestión de la materia orgánica, *in vivo* esta sincronización no tiene efecto, probablemente a causa del reciclaje endógeno de nitrógeno.

Respecto a la forma de administración de la urea en la dieta, debe ser de manera tal, que la degradación sea lenta y se favorezca la utilización del amoníaco para la síntesis de proteína microbiana (el uso de urea líquida está contraindicado por ser el doble de tóxica que la forma seca) (Pordomingo, 2005). Para retrasar dicha liberación de amoníaco, suelen emplearse derivados de la urea, como por ejemplo el biuret, el cual se hidroliza más lentamente que la urea pero requiere de un período de adaptación de la flora microbiana de varias semanas (además el nitrógeno que presenta no se utiliza con la misma eficiencia que el de la urea y resulta mucho más caro). De todas formas, ni el biuret (entre otros derivados), ni compuestos almidón-urea han demostrado ser superiores a la propia urea de forma constante (McDonald et al., 2002).

La edad del rumiante puede afectar el grado de utilización de la urea en animales muy jóvenes, pero en terneros de mayor edad se registran mayores tasas de crecimiento (Reid, 1953). Aun así, desde los 50 días de edad ya se encuentra ureasa en el rúmen de los terneros (Escalona et al., 2007). Fluharty et al. (2000) demostraron que terneros de 3 meses al destete toleran dietas de

alta energía con un contenido de urea equivalente al 0.4% de la materia seca de la dieta.

Refiriendo a la dosificación de la urea en la dieta, aumentar el número de comidas diarias mejoraría la eficiencia de multiplicación de los microorganismos del rumen, el aprovechamiento del nitrógeno y la performance animal (Owens y Zinn, 1993).

Las recomendaciones, respecto a la concentración de urea en la dieta han cambiado con el avance de las investigaciones. Por ejemplo, Reid (1953), Chalupa (1968) recomiendan no sustituir más de un tercio del total de la proteína requerida con urea y que no supere en la ración más del 1% de la materia seca. Campbell et al., citados por Braman et al. (1973) demostraron que la tasa de ganancia y el consumo de los novillos disminuía con concentraciones de urea en la dieta superiores a 1.25%. Burroughs et al. (1975) plantean dos consideraciones: no suministrar más de 30 a 35 g de urea por cada 100 kg de peso vivo; y no superar los 180 g de urea por animal por día. Milton et al. (1997) analizando el efecto en ganancia media diaria obtuvieron una respuesta cuadrática al incremento de urea en la dieta, no encontrando diferencias por encima de 0,5% de la materia seca. Según Pordomingo (2005), se asume como generalidad que la concentración de urea en la ración debería estar entre el 1 y 3% de la materia seca de la misma.

Si bien al iniciar la suplementación proteínica con urea la adaptación a la dieta es fundamental, las razones de esta necesidad no son claras ya que los microorganismos no la necesitan debido a que la urea es reciclada de forma continua. Sin embargo, el consumo y rendimiento animal pueden descender durante un mes aproximadamente al iniciar el consumo, normalizándose luego de este periodo, mejorando con el tiempo (Bartley y Deyoe 1981, Owens y Zinn 1993).

Aunque la urea puede ser una fuente proteínica importante, pueden presentarse deficiencias de aminoácidos azufrados si ésta constituye la mayor parte del nitrógeno de la ración (Loosli y Harris 1945, Reid 1953, Chalmers 1962, Owens y Zinn 1993, McDonald et al. 2002). En tales casos es recomendable añadir a la ración algún suplemento de azufre, considerándose suficiente la adición de 0.13 g de sulfato sódico anhidro por cada gramo de urea (NRC 2000, McDonald et al. 2002). De todas formas, en la mayoría de los casos prácticos los componentes de la ración a la que se suplementa con urea poseen una cantidad de azufre aceptable para la buena utilización del

nitrógeno, a no ser que el alimento sea notoriamente deficiente. Considerando que el contenido de azufre en los cultivos depende de su presencia en el suelo y las prácticas de fertilización, es posible que en ciertas circunstancias este elemento sea deficiente (Reid, 1953).

Así mismo, la urea por sí sola no aporta energía, minerales ni vitaminas, por lo que de emplearla para sustituir las proteínas convencionales (que sí proveen de energía, minerales y vitaminas) se debe suplementar la ración según sea necesario para obtener los niveles requeridos de estos nutrientes (Owens y Zinn 1993, McDonald et al. 2002).

Al utilizar urea en ración de concentrados, se debe procurar que la mezcla sea lo más homogénea posible, para evitar que existan partes mal mezcladas que por contener elevadas cantidades de urea den lugar a complicaciones y problemas por intoxicación (McDonald et al., 2002).

De acuerdo con Reid (1953), luego de variados experimentos en los que se comparó el efecto en los rumiantes del nitrógeno aportado por la urea con otras fuentes de proteína convencionales, los resultados fueron incongruentes; pero puede concluirse considerando todos los datos, que la urea es algo inferior a los suplementos proteínicos convencionales como fuente de nitrógeno para el crecimiento. Según ensayos realizados por Tieri et al. (2011) en jaulas metabólicas con raciones voluminosas, los tratamientos sin urea lograron una mayor retención y una mayor digestibilidad aparente de nitrógeno en terneros de recría que los tratamientos en los que se empleó expeler de girasol. Los costos alimenticios, al sustituir proteína vegetal por NNP en las dietas, siempre son inferiores pero la producción rara vez aumenta al hacer esa sustitución, sino que generalmente desciende (Owens y Zinn, 1993).

#### 2.5.3.1. Intoxicación por urea

Cuando se agrega urea a la dieta, es muy importante evitar su consumo excesivo. En primera instancia el nitrógeno no proteínico en exceso se desecha ocasionando gasto de energía en su eliminación, pero en ciertos casos, la cantidad de amoníaco absorbida por el sistema porta supera el nivel al que el hígado es capaz de detoxificarlo completamente. Es en estas circunstancias que el nivel de amoníaco en sangre periférica se eleva y puede alcanzar valores que se expresen en toxicidad clínica, la que puede ser causada por la alteración del estatus ácido-base, cambios en el equilibrio electrolítico o acción directa de

los iones amonio (Lewis 1962, Owens y Zinn 1993, McDonald et al. 2002, Di Marco y Aello 2005, Escalona et al. 2007).

Con dietas conteniendo urea, la concentración máxima de amoniaco en el rumen se registra 1 o 2 horas luego de la ingesta, mientras que con proteína vegetal la misma está entre las 3 y 5 horas posteriores (Owens y Zinn, 1993).

Chalupa (1968), Owens y Zinn (1993), Stritzer et al., citados por Garriz y López (2002), Bondi, citado por Garriz y López (2002) coinciden con valores aproximados a los de McDonald et al. (2002) en que los síntomas de intoxicación aparecen cuando el nivel de amoníaco en la sangre periférica alcanza los 10 mg/kg., llegando a ser letal cuando éste llega a 30 mg/kg. Los niveles ruminales que se corresponden con estas cifras rondan los 800 mg/kg, pero dependen del pH, debido a la mayor permeabilidad de la pared del rumen al amoníaco no ionizado ( $\text{NH}_3$ ) que al ionizado ( $\text{NH}_4$ ). Este último, es predominante si el pH es bajo (condición que se logra cuando la dieta es alta en carbohidratos rápidamente fermentables), y si el pH es inferior a 7 la absorción ruminal se reduce. Elevados niveles de amoníaco en el rumen aumentan el pH y por lo tanto su absorción, además reducen el reciclaje de urea por vía sanguínea disminuyendo el gradiente de difusión del amoníaco de la sangre. Todo esto puede llevar a elevar los niveles de amoníaco en sangre y causar toxicidad (Chalupa 1968, Owens y Zinn 1993, McDonald et al. 2002, Stritzer et al., citados por Garriz y López 2002, Bondi, citado por Garriz y López 2002)

Las intoxicaciones pueden tener diferentes causas: que la urea haya sido mal mezclada con la ración, elevados niveles de urea en relación al contenido total de proteína, poca fibra en el alimento, y pastoreo en pasturas que fueron fertilizadas con urea recientemente. Considerando que las cantidades de urea utilizadas en la práctica son inferiores al límite tóxico, la preocupación deberá ser que ésta se encuentre uniformemente mezclada en la ración (Reid 1953, Pordomingo 2005).

Los síntomas de la intoxicación incluyen dificultades respiratorias, salivación excesiva, temblores, incoordinación, timpanismo y muerte dentro de la hora y media a dos y media de la aparición de los síntomas (Chalupa 1968, Escalona et al. 2007).

Un mecanismo para coordinar los distintos factores que influyen en este proceso es la liberación lenta de amonio que presentan algunas ureas protegidas, aunque en pruebas de campo no se han registrado mejoras en la

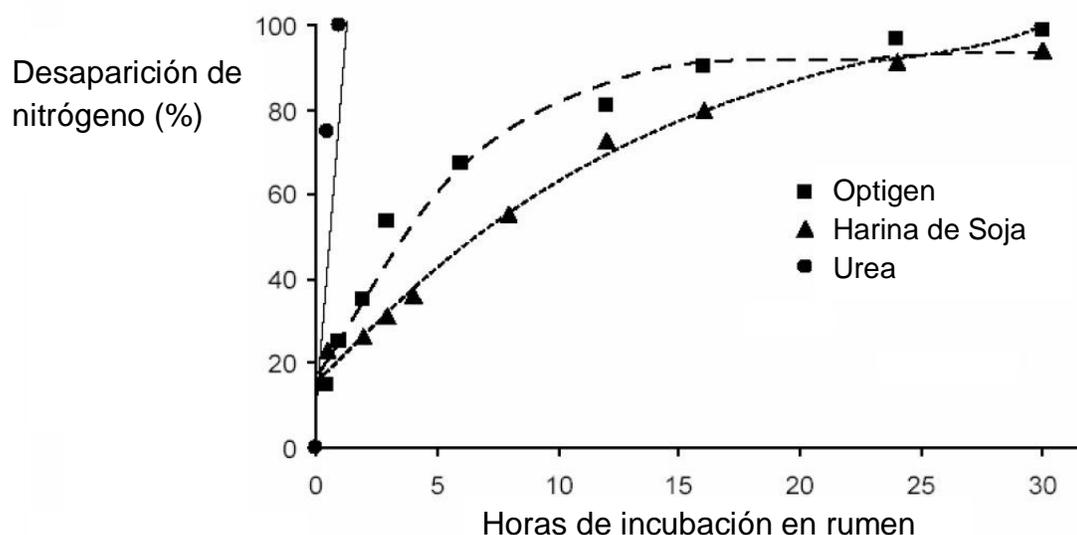
utilización del amonio ya que el reciclaje parecería ser eficiente en concentraciones no tóxicas. La liberación lenta entonces, sería útil para ayudar a evitar la intoxicación por amoniaco, pero no mejora la utilización del NNP (Owens y Zinn, 1993).

### 2.5.3.2. Optigen II®

Optigen II®, es el nombre comercial de “una fuente de nitrógeno no proteínico (NNP) fabricado por la empresa Alltech de liberación controlada, destinado a la alimentación de rumiantes” (Catalogo Alltech).

Al igual que la urea, cuenta con la ventaja de ser una fuente concentrada de N con valores de proteína equivalentes de 246 % (Marichal et al., 2009), por lo que al suplantarse fuentes de proteína verdadera con cantidades muy inferiores permiten al nutricionista aumentar otros componentes de la dieta.

Esta fuente de nitrógeno posee, según la presentación comercial del producto, una tasa de liberación en el rumen similar a la harina de soja debido a que está cubierta por una película lipídica biodegradable que tiene la propiedad de degradarse gradualmente, liberando así también el nitrógeno (gráfica No. 1).



Gráfica No. 1. Tasa de liberación de nitrógeno de distintas fuentes proteínicas.

Fuente: Siciliano-Jones y Downer, citados por Mascardi (2007).

Esta característica de liberación lenta permite prevenir problemas sanitarios a nivel ruminal y minimizar problemas por intoxicación con urea, ya que el espectro de dietas y condiciones de suministro adecuadas es mucho más amplio que con la urea de uso agrícola, esto hace que al utilizar urea protegida se puedan sustituir valores mayores de proteína verdadera que si se usara urea (Marichal et al., 2009).

Optigen II® tiene una desaparición inicial en el rumen de 7 % y una tasa de desaparición de 0.237 /h durante su permanencia en el rumen (García-González et al., 2007).

La urea protegida obtendría mayores eficiencias al ser usada por los microorganismos del rumen, ya que presenta disponibilidad inicial y tasa de degradación ruminal más acorde con la dinámica de la digestión de los carbohidratos que presentan los alimentos más comúnmente usados.

## 2.6. EFECTO DE LA FUENTE PROTEÍNICA SOBRE LA PERFORMANCE DE VACUNOS EN CRECIMIENTO

La mayoría de los trabajos que se sintetizan en los cuadros No. 7, 8 y 9 evalúan el efecto de la sustitución de la fuente de proteína en una dieta testigo (generalmente con harina de soja o expeler de girasol), por una fuente alternativa. En este caso se puso énfasis en caracterizar a la urea y la harina de pescado como suplementos correctores de proteína. En algunos casos las evaluaciones se realizaron manteniendo el aporte de proteína cruda (dietas isoproteínicas), mientras que en otros casos se utilizan distintos niveles. Los trabajos revisados involucran tanto terneros de recría, como novillos y vacas lecheras, haciendo variar así los requerimientos energéticos y proteínicos a los que son sometidas las diferentes fuentes.

Las variables de respuesta elegidas, para uniformizar el análisis general de los antecedentes, fueron la ganancia diaria, el consumo de materia seca (kg/día) y la eficiencia de conversión del alimento (kg de alimento consumido/kg de peso vivo ganado).

En el cuadro No. 7 se encuentran trabajos en los que se utilizaron dietas moderadas a bajas en fibra, en tanto en el cuadro No. 8 se agruparon los trabajos que presentaron dietas altas en fibra; y en el cuadro No. 9 se presentan otros trabajos que presentan aspectos relacionados a la respuesta animal.

2.6.1. Efecto de la fuente proteínica en dietas moderadas a bajas en fibra

Cuadro No. 7. Experimentos en rumiantes con dietas moderadas o bajas en fibra.

| Ref. | Animal |             |                | Dieta                |                 |         |         | Performance       |              |         |
|------|--------|-------------|----------------|----------------------|-----------------|---------|---------|-------------------|--------------|---------|
|      | Raza   | Peso i (kg) | Sexo           | Concentrado          | Fuente de Fibra | % P. C. | % Conc. | Ganancia (Kg/día) | Consumo Kg/d | E.C.    |
| 1    | H      | 123         | Macho castrado | SGM+EG               | Fardo Moha      | 11,9    | 81      | 0,831             | 5,11         | 6,63    |
|      |        |             |                | SGM+U                |                 |         |         | 0,772             | 4,92         | 6,82    |
|      |        |             |                | SGM+Optigen II       |                 |         |         | 0,707             | 4,98         | 7,10    |
|      |        |             |                | SGM+U+Optigen II     |                 |         |         | 0,821             | 5,21         | 7,10    |
| 2    | H      | 166±15,9    | Macho castrado | SGM + EG             | Heno de raigras | 11      | 86      | 0,688             | 4,51         | 6,4     |
|      |        |             |                | SGM + Optigen II     |                 |         |         | 0,610             | 4,62         | 7,4     |
| 3    | A      | 200         | Macho castrado | MZ + HG + U          | Heno de alfalfa | -       | 93      | 1,527 a           | 8,76 a       | 5,85 a  |
|      |        |             |                | MZ + HG + U + 2,5% T |                 |         |         | 1,666 b           | 8,89 a       | 5,41 ab |
|      |        |             |                | MZ + HG + U + 3,5% T |                 |         |         | 1,568 a           | 8,7 a        | 5,64 ab |
|      |        |             |                | MZ + HG + HP + HPI   |                 |         |         | 1,579 a           | 8,27 b       | 5,29 b  |

Cuadro No. 7. Experimentos en rumiantes con dietas moderadas o bajas en fibra, continuación.

| Ref. | Animal  |             |                | Dieta           |                           |         | Performance |                   |              |       |        |
|------|---------|-------------|----------------|-----------------|---------------------------|---------|-------------|-------------------|--------------|-------|--------|
|      | Raza    | Peso i (kg) | Sexo           | Concentrado     | Fuente de Fibra           | % P. C. | % Conc.     | Ganancia (Kg/día) | Consumo Kg/d | E.C.  |        |
| 4    | A       | 210         | Macho castrado | MZ+AF+EG        | Fardo en corral           | -       | 64          | 1,161             | 8,9          | 7,64  |        |
|      |         |             |                | MZ+AF+Optigen   |                           |         |             | 1,169             | 8,9          | 7,59  |        |
| 5    | Ho      | 249         | Macho castrado | SFMZ + U        | Heno alfalfa y heno sudan | -       | 80          | -                 | 6,125        | -     |        |
|      |         |             |                | SFMZ + 1,5% HP  |                           |         |             | 9,70              | -            | 6,128 | -      |
|      |         |             |                | SFMZ + 3,0% HP  |                           |         |             | 10,70             | -            | 6,126 | -      |
|      |         |             |                | SFMZ + 4,5% HP  |                           |         |             | 11,60             | -            | 6,134 | -      |
|      |         |             |                | SFMZ + HS       |                           |         |             | 11,00             | -            | 6,148 | -      |
| 6    | B x H-S | 253         | Macho castrado | GHM + MZGM + U  | -                         | -       | 100         | 1,45 b            | 7,2          | 5,0 b |        |
|      |         |             |                | GHM + MZGM + HS |                           |         |             | 11                | 1,32 cde     | 7,4   | 5,6 c  |
|      |         |             |                | GHM + MZGM + U  |                           |         |             | 13                | 1,43 be      | 7,2   | 5,0 b  |
|      |         |             |                | GHM + MZGM + HS |                           |         |             |                   | 1,48 b       | 7,4   | 5,0 b  |
|      |         |             |                | GHM + MZGM + U  |                           |         |             | 15                | 1,23 e       | 6,2   | 5,0 b  |
|      |         |             |                | GHM + MZGM + HS |                           |         |             | 18                | 1,4 bcd      | 6,6   | 4,8 ab |
|      |         |             |                | GHM + MZGM + U  |                           |         |             |                   | 1,29 de      | 6,8   | 5,3 bc |
|      |         |             |                | GHM + MZGM + HS |                           |         |             |                   | 1,58 a       | 7,1   | 4,5 a  |

Cuadro No. 7. Experimentos en rumiantes con dietas moderadas o bajas en fibra, continuación.

| Ref. | Animal    |             |                | Dieta                 |                 |         | Performance |                   |              |       |
|------|-----------|-------------|----------------|-----------------------|-----------------|---------|-------------|-------------------|--------------|-------|
|      | Raza      | Peso i (kg) | Sexo           | Concentrado           | Fuente de Fibra | % P. C. | % Conc.     | Ganancia (Kg/día) | Consumo Kg/d | E.C.  |
| 7    | Cruza Ch. | 275±4       | Macho castrado | MZ + U                | Silo MZ         | 12,00   | 85          | 1,54              | 9,05         | 5,88  |
|      |           |             |                | MZ + U + HSa + HPI    |                 | 13,25   |             | 1,58              | 9,04         | 5,68  |
|      |           |             |                | Sorgo + U             |                 | 12,00   |             | 1,52              | 9,81         | 6,45  |
|      |           |             |                | Sorgo + U + HSa + HPI |                 | 13,25   |             | 1,54              | 9,86         | 6,37  |
| 8    | H         | 289         | Macho castrado | SGM+EG                | Fardo Moha      | 10,7    | 82          | 1,312             | 12,04        | 10,17 |
|      |           |             |                | SGM+U                 |                 |         |             | 1,239             | 11,76        | 10,88 |
|      |           |             |                | SGM+Optigen II        |                 |         |             | 1,247             | 11,87        | 9,62  |
|      |           |             |                | SGM+U+Optigen II      |                 |         |             | 1,266             | 11,92        | 10,53 |
| 9    | H         | 364±35,9    | Macho castrado | MZ + EG               | Heno de raigras | 10      | 85          | 0,967             | 8,59         | 8,4   |
|      |           |             |                | MZ+ Optigen II        |                 | 78      | 1,051       | 9,28              | 8,5          |       |

1 y 8. Beraza et al. (2010); 2 y 9. Simeone et al. (2009); 3. Pordomingo et al. (2003); 4. Mascardi (2007); 5. Zinn y Shen (1998); 6. Braman et al. (1973). 7. Sindt et al. (1993).

Beraza et al. (2010, cuadro No. 7 ref. 1 y 8) evaluaron la fuente de proteína en dietas concentradas para novillos y terneros alimentados a corral, sustituyendo totalmente una fuente de proteína verdadera por nitrógeno no proteínico utilizando tres variantes de este último: urea, Optigen II y una mezcla de ambos, pero resultando siempre isoproteínicas e isoenergéticas suministradas ad libitum. La fibra usada en los tratamientos fue fardo de moha (*Setaria Italica*), picado y mezclado en el comedero junto con el concentrado. Para el caso se utilizaron terneros de 123 kg y novillos de 289 kg de peso vivo inicial. No se encontraron diferencias en la performance dentro de cada categoría en las variables analizadas, concluyendo además que la utilización de las diferentes fuentes proteínicas no se modifica entre categorías ya que no se encontró interacción entre las variables.

Simeone et al. (2009, cuadro No. 7 ref. 2 y 9) evaluaron el efecto de sustituir totalmente una fuente de proteína verdadera (expeler de girasol) por una de nitrógeno no proteínico de lenta liberación (Optigen II) en novillos en terminación (364 kg) y terneros destetados (166 kg) alimentados con dietas concentradas ad libitum durante el invierno. La fuente de fibra empleada fue heno de raigrass y aunque variaron en el porcentaje de concentrado las dietas fueron isoproteínicas e isoenergéticas. El peso vivo aumentó linealmente en todos los tratamientos pero no se registraron diferencias significativas entre las dietas con expeler de girasol y las dietas con Optigen II tanto para ganancia de peso como para consumo de materia seca. Tampoco se detectó interacción ente la categoría animal y la fuente de proteína. En base a los resultados concluyen que es posible sustituir una fuente de proteína verdadera por una de nitrógeno no proteínico de lenta liberación sin afectar la performance animal.

Según Pordomingo et al. (2003, cuadro No. 7 ref. 3) agregar a la dieta a base de maíz y harina de girasol, fuentes proteínicas de baja degradabilidad ruminal no aumentó las ganancias de peso, aunque sí redujo el consumo aumentando así en algo la eficiencia de conversión de la dieta. El agregado moderado de taninos (2,5%) a la dieta que contenía urea mejoró la ganancia diaria, pero no fue así en la que se agregó 3,5% de taninos.

Marscardi (2007, cuadro No. 7 ref. 4), con dietas a base de grano de maíz, isoproteínicas e isoenergéticas evaluó la sustitución de expeler de girasol por urea protegida (Optigen) en dietas de recria a corral, concentradas y utilizando fardos en el corral como fuente de fibra. No se encontraron diferencias en ganancia media diaria, consumo de materia seca ni eficiencia de

conversión, tampoco en el porcentaje de MS, PB y almidón en las heces. En base a esto concluyeron que la sustitución total del expeler de girasol por una urea protegida no tiene efectos en la performance animal para estas condiciones.

Zinn y Shen (1998, cuadro No. 7 ref. 5) evaluaron la inclusión de distintos tipos de proteína en dietas con steam flake de maíz utilizando urea, tres niveles de harina de pescado, y harina de soja en novillos Holstein de 249 kg en confinamiento. Los resultados muestran que la digestibilidad de la materia orgánica y el flujo de nitrógeno microbiano fueron mayores en los tratamientos con urea, mientras que la digestibilidad postruminal fue mayor en los tratamientos con harina de pescado, no encontrándose diferencias entre los tratamientos para la digestibilidad total. Los mayores aportes de aminoácidos esenciales en el intestino delgado y menores relaciones de alanina:valina en sangre, ambos característicos del aumento de absorción intestinal de aminoácidos (Bergen 1979, Oke et al. 1986, Danilson et al. 1987, Davenport et al. 1990, Zinn y Owens 1993, Preston et al., citados por Zinn y Shen 1998) se lograron con cantidades crecientes de harina de pescado, no habiendo diferencias en este aspecto entre el tratamiento con urea y la harina de soja. Zinn y Shen (1998) concluyen que para que la digestión ruminal de la materia orgánica y la síntesis de proteína microbiana sea máxima, se requiere un mínimo de 100 gramos de proteína degradable en rumen por cada kg de materia orgánica digestible para ganado confinado.

Braman et al. (1973, cuadro No. 7 ref. 6) realizaron un ensayo sobre el efecto del nivel y fuente de proteína para novillos en terminación. Empleando novillos cruza de 253 kg alimentados con raciones suplementadas con urea o harina de soja en varios niveles proteínicos encontraron que la suplementación con urea deprimió las ganancias medias para el período de 140 días en comparación con los tratamientos que emplearon harina de soja. Aunque a los 56 días las ganancias no fueron significativamente diferentes, los animales que recibieron el suplemento a base de harina de soja tendieron a ganar peso más rápidamente. Estas diferencias en ganancia de peso a los 140 días la atribuyen a una leve depresión del consumo causada por la urea, lo que se hizo especialmente evidente en las dietas con altos niveles de proteína (U-15 y U-17) que contenían 2 y 2.7 % urea respectivamente. A su vez, las dietas suplementadas con urea deprimieron la eficiencia de conversión del alimento a los 56 días, pero no tuvieron un efecto significativo a los 140 en este aspecto.

La tasa de ganancia y eficiencia de conversión de los novillos aumentaron linealmente con incrementos en los niveles de proteína en la dieta a los 56 días, pero para los 140 días se obtuvo un efecto cúbico de la concentración proteínica sobre ambos; según Braman et al. (1973) esto se debió a una disminución inexplicable en la performance del ganado alimentado con 15% proteína en ambos casos. Se encontró interacción entre la concentración proteínica y la fuente de nitrógeno para las ganancias de peso y eficiencia de conversión para los 140 días. En los casos con harina de soja, ambos indicadores aumentaron linealmente con incrementos en el porcentaje de proteína, pero para las raciones con urea los cambios no fueron marcados. Los parámetros de carcasa que respondieron a los tratamientos fueron el área de ojo de bife cada 100 kg de carcasa (mostrando una interacción lineal entre fuente de nitrógeno y concentración proteínica), grado de cortabilidad y espesor de grasa cada 100 kg de carcasa (también con interacción lineal entre fuente de nitrógeno y concentración proteínica, más interacción cúbica con el nivel de proteína) No se encontró explicación aparente para estas interacciones. Los grados de calidad tendieron a ser mayores en los casos suplementados con urea, pero como todos los animales fueron faenados a peso fijo, los suplementados con urea fueron alimentados por un mayor período, por lo que fue esperable que obtuvieran grados de calidad algo mayores. El nivel de proteína en la dieta tuvo un pequeño efecto en los parámetros de carcasa.

Sindt et al. (1993, cuadro No. 7 ref. 7), utilizando dietas con urea como fuente única de nitrógeno y urea en combinación con fuentes no fermentables, junto con la variación de dos fuentes de carbohidratos (granos de maíz y sorgo) en terneros cruza charoláis recién destetados para terminación (omitiendo recría) observaron que al inicio del experimento se obtuvieron rápidas y eficientes ganancias en las que podrían darse deficiencias de proteína metabolizable; mientras que conforme los animales engordan y se reducen sus requerimientos proteínicos, aumenta su consumo y con este los gramos de proteína que ingieren, lo que podría resultar en excesos de proteína metabolizable para la parte final del experimento. De los tratamientos con maíz en los primeros 41 días, la adición de fuentes de proteína no fermentables mejoró la eficiencia de conversión pero no modificó la ganancia de peso, diferencia que no se mantuvo en los restantes 2 períodos del experimento. Comparando las fuentes de carbohidratos, los tratamientos que utilizaron maíz resultaron 10% más eficientes que los que tenían sorgo, demostrando la superioridad de un alimento sobre otro y de su mejor asociación con la urea. De

acuerdo con los autores, una aplicación práctica sería la sustitución de una fuente de proteína poco degradable en rumen por una de nitrógeno no proteínico luego de los 40 a 80 días de encierro.

Con relación a la utilización de NNP, tanto urea como Optigen®, puede destacarse que su uso en dietas concentradas (entre 64 y 100% concentrado, cuadro No. 7), a base a steam-flake de maíz, grano de maíz e incluso grano de sorgo, usando henos y ensilajes como fuente de fibra, ofrecidas a machos castrados de razas británicas, continentales e incluso lecheras, de 123 kg en adelante, arrojó respuestas similares o levemente inferiores a las obtenidas con las dietas que incluían fuentes de proteína verdadera, e incluso con elevadas cantidades de proteína no degradable en rumen (Braman et al. 1973, Sindt et al. 1993, Mandell et al. 1997, Zinn y Shen 1998, Pordomingo 2005, Mascardi 2007, Simeone et al. 2009, Wagner et al. 2009, Beraza et al. 2010, Simeone et al. 2010, Vittone et al. 2013).

La sustitución de parte de la harina de girasol y la totalidad de urea por harina de pescado y de pluma, en dietas concentradas de recría, no se reflejó en una mejor ganancia diaria, pero mejoró la eficiencia de conversión al disminuir el consumo, evidenciando un mejor aprovechamiento del nitrógeno aportado por la dieta (Pordomingo et al., 2005)

Según Zinn y Shen (1998), la inclusión de harina de pescado en dietas confinadas debe cuidar el aspecto de incluir al menos 100 g de proteína degradable en rumen por cada kg de materia orgánica digestible, de modo de maximizar la digestión de la misma en el rumen y la producción de proteína microbiana.

El uso de Optigen®, tanto en sustitución total como en mezclas con urea, no mostró mejoras en ninguna variable analizada, por lo que se concluye que su uso, sustituyendo a la urea, solo se justifica con fines de evitar problemas de toxicidad de la misma en dietas que así lo ameriten (Beraza et al., 2010).

2.6.2. Efecto de la fuente proteínica en dietas altas en fibra

Cuadro No. 8. Experimentos en rumiantes con dietas altas en fibra.

| Ref. | Animal  |             |                | Dieta                  |                 |         | Performance |                   |              |      |      |
|------|---------|-------------|----------------|------------------------|-----------------|---------|-------------|-------------------|--------------|------|------|
|      | Raza    | Peso i (kg) | Sexo           | Concentrado            | Fuente de Fibra | % P. C. | % Conc.     | Ganancia (Kg/día) | Consumo Kg/d | E.C. |      |
| 1    | A y H   | 162         | Macho castrado | CN                     |                 |         |             | 0,188             | -            | -    |      |
|      |         |             |                | CN+MZ+SGM+HS           | -               | -       | -           | 0,678             | -            | 5,17 |      |
|      |         |             |                | CN+MZ+SGM+Optigen II   |                 |         |             | 0,54              | -            | 6,25 |      |
| 2    | H y HxA | 172         | Macho castrado | SGH + AT + EG          |                 | 13      |             | 0,838             | -            | -    |      |
|      |         |             |                | SGH + AT + EG          | Fardo           | 15      |             | 0,918             | -            | -    |      |
|      |         |             |                | SGH + AT + EG          | de              | 17      | -           | 0,993             | -            | -    |      |
|      |         |             |                | SGH + AT + EG + 0,5% U | Moha            | 15      |             | 0,809             | -            | -    |      |
|      |         |             |                | SGH + AT + EG + 1,0% U |                 |         |             | 0,815             | -            | -    |      |
| 3    | HxA     | 193,7±8,7   | Macho castrado | SGH + AT + EG          |                 | 13      | 47,9        | -                 | 6,4          | -    |      |
|      |         |             |                | SGH + AT + EG          | Fardo           | 15      | 52,2        | -                 | 6,3          | -    |      |
|      |         |             |                | SGH + AT + EG          | de              | 17      | 57,2        | -                 | 6,3          | -    |      |
|      |         |             |                | SGH + AT + EG + U      | Moha            | 15      | 50,4        | -                 | 6,2          | -    |      |
|      |         |             |                | SGH + AT + EG + U      |                 |         |             | 48,9              | -            | 6,2  | -    |
| 4    | H       | 243         | Macho castrado | 43grs. U + 200 grs. HP | Silo de         |         |             | 0,78              | 4,83         | 6,19 |      |
|      |         |             |                | 400 grs HP             | Timothy         |         |             | Alto              | 0,87         | 5,5  | 6,32 |
|      |         |             |                | 43grs. U + 200 grs. HP |                 | -       |             | en                | 0,76         | 7,37 | 9,70 |
|      |         |             |                | 400 grs HP             | Heno            |         |             | fibra             | 0,75         | 7,48 | 9,97 |

Cuadro No. 8. Experimentos en rumiantes con dietas altas en fibra., continuación.

| Ref | Animal |             |                   | Dieta                   |                                   |         | Performance |                   |              |      |   |
|-----|--------|-------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------|-------------|-------------------|--------------|------|---|
|     | Raza   | Peso i (kg) | Sexo              | Concentrado             | Fuente de Fibra                   | % P. C. | % Conc.     | Ganancia (Kg/día) | Consumo Kg/d | E.C. |   |
| 5   | Ho     | 624±3<br>8  | Hembra            | GHM + 2% U              | Silo<br>maíz y<br>silo<br>alfalfa | 16,6    | 44          | -                 | 22,4 b       | -    |   |
|     |        |             |                   | GHM + 12% HS            |                                   |         |             | -                 | 24,7 a       | -    |   |
|     |        |             |                   | GHM + 14% HSA           |                                   |         |             | -                 | 25,2 a       | -    |   |
|     |        |             |                   | GHM + 16% HC            |                                   |         |             | -                 | 26,0 a       | -    |   |
| 6   | C      | -           | Macho<br>castrado | MZ + AV + HA            | Heno<br>Timothy                   | 10,28   | 70          | 0,03              | -            | -    |   |
|     |        |             |                   | MZ + AV + HA + U        |                                   |         |             | 10,28             | 0,08         | -    | - |
|     |        |             |                   | MZ + AV + HA + U + SO4  |                                   |         |             | 9,97              | 0,08         | -    | - |
|     |        |             |                   | MZ + AV + HA + U + Met. |                                   |         |             | 10,08             | 0,13         | -    | - |
|     |        |             |                   | MZ + AV + HA + HL       |                                   |         |             | 10,58             | 0,14         | -    | - |

1. Esteves et al. (2013); 2. La Manna et al. (2011); 3. Tieri et al. (2011); 4. Petit y Flipot (1992); 5. Brito et al. (2006); 6. Loosli y Harris (1945).

Esteves et al. (2013, cuadro No. 8 ref. 1) evaluaron la suplementación invernal de terneros sobre campo natural y la fuente proteínica de ese suplemento en el primer invierno de terneros (162 kg al inicio del ensayo). La suplementación se realizó mediante comederos de autoconsumo con agregado de sal para regular el consumo al 1 % del peso vivo. Se probaron dos fuentes proteínicas: harina de soja y Optigen II además de un tratamiento testigo sin suplementación. Los suplementos utilizados contenían una proteína cruda de 14.8 y 14.2% de HS y Optigen respectivamente. Se encontraron grandes diferencias causadas por la suplementación invernal de esta categoría (en un año benigno para las pasturas) y a su vez una mejor respuesta animal al suplemento que incluía una fuente de proteína verdadera frente al que incluía nitrógeno no proteínico.

La Manna et al. (2011, cuadro No. 8 ref. 2) evaluaron el efecto de tres niveles de proteína verdadera en la dieta y su sustitución parcial por urea en terneros de 166 kg Hereford cruza Angus durante el primer año y Hereford en el segundo. Los resultados indican mayores ganancias de peso a valores crecientes de proteína cruda verdadera en la dieta hasta 17%. Las dietas que sustituyeron parte de la misma con urea no lograron los mismos resultados mostrando performances, aunque aceptables, inferiores a las de exclusivamente proteína verdadera. Conjuntamente Tieri et al. (2011, cuadro No. 8 ref. 3) mediante ensayos en jaulas metabólicas con las mismas raciones en 5 terneros de 193 kg encontraron que los tratamientos sin urea lograron una mayor retención y una mayor digestibilidad aparente de nitrógeno.

Petit y Flipot (1992, cuadro No. 8 ref. 4) empleando dietas altas en fibra analizaron el comportamiento de novillos Hereford frente a la suplementación proteínica en dietas a base de silo o heno, utilizando una mezcla de urea y harina de pescado o solo harina de pescado. Para las dietas en base a silo, en términos de ganancia diaria, el mejor resultado se obtuvo con la dieta que contenía solo harina de pescado, quedando en segundo lugar la suplementación mezcla; puede decirse entonces que las ganancias de peso aumentaron proporcionalmente con la suplementación de harina de pescado, concordando con los resultados de England y Gill, citados por Petit y Flipot (1992). El consumo de MS de silo aumentó tanto en términos absolutos como en

proporción del peso corporal en respuesta a aumentos en los niveles de harina de pescado (manteniéndose la eficiencia de conversión); esto coincide con los resultados de England y Gill y la tendencia encontrada por Petit y Flipot, citados por Petit y Flipot (1992). En las dietas en base a heno, no se registraron diferencias en las ganancias diarias al sustituir urea por harina de pescado, probablemente debido a que aumenta la fermentación de esta fibra que tiene menos proteína cruda que el silo. La concentración de urea en el plasma sanguíneo fue incrementado por la suplementación proteínica, coincidiendo con los resultados de Steen y contrastando con los de Veira et al., citados por Petit y Flipot (1992), pero no hubieron diferencias entre los suplementos. El espesor de grasa, estimado por ultrasonido, no fue afectado por los tratamientos, pero Gill et al., citados por Petit y Flipot (1992) sí observaron un pequeño efecto de la suplementación proteínica sobre la ganancia de grasa. En este experimento, el tratamiento empleado durante el período de crecimiento no afectó la composición de carcasa, pero la alimentación con silo más 400 g de harina de pescado tendió a disminuir el tiempo requerido para alcanzar el peso objetivo de mercado.

Brito et al. (2006, cuadro No. 8 ref. 5) en dietas voluminosas en base a silo y grano húmedo de maíz con vacas holandesas en lactancia evaluaron el efecto de cuatro fuentes proteínicas, de las cuales la urea resultó en los menores rendimientos y sólidos en leche a causa de bajos flujos de nitrógeno y proteína microbiana (así como los menores aportes de aminoácidos al intestino) debido a la reducida cantidad de concentrado en la dieta, lo que impidió el correcto aprovechamiento de la urea. Es así que concluyen que en ganado lechero en los que no puede alimentarse con dietas con elevado porcentaje de concentrado debería de suplementarse con fuentes de proteína verdadera que sean más compatibles con la digestión lenta de la fibra.

Loosli y Harris (1945, cuadro No. 8 ref. 6) experimentaron en corderos con raciones a base de grano de maíz y heno con distintos suplementos proteínicos para evaluar el valor de la metionina y su agregado a la dieta obteniendo los siguientes resultados: la adición de urea a su dieta base mejoró las ganancias de peso y la retención de nitrógeno, pero la adición de sulfato a la urea no expresó diferencias; el

agregado de metionina a la dieta base logró mejores ganancias de peso y retención de nitrógeno que los tratamientos con urea, pero iguales a los que contenían harina de lino. De esto pudieron concluir que la proteína microbiana era deficiente en metionina, lo que pudo haber limitado las ganancias de peso, o que lo aportado por la dieta no era suficiente limitando la síntesis proteínica; además, que el sólo agregado de sulfato sódico a una ración con urea no es suficiente para la apropiada síntesis de aminoácidos azufrados.

En los casos donde las dietas eran voluminosas (entre 40 y 70% concentrado, cuadro No. 8), el NNP fue superado por suplementos a base de proteína verdadera, evidenciando que el aprovechamiento del mismo requiere grandes cantidades de carbohidratos rápidamente disponibles, característicos de dietas concentradas (Reid 1953, Lewis 1962). La respuesta negativa al NNP también se dio en un rango similar de pesos y razas, que los que no la presentaban, con el agregado de vacas lecheras de la raza Holstein y de corderos. Se presentaron tanto en condiciones confinadas como en suplementación a campo, utilizando tanto maíz como sorgo como base de los concentrados, concluyendo que es más importante la concentración energética de la dieta que el tipo de grano utilizado (Loosli y Harris 1945, Petit y Flipot 1992, Brito et al. 2007, La Manna et al. 2011, Tieri et al. 2011, Estevez et al. 2013).

La excepción se dio cuando cierta sustitución con urea mantuvo la performance animal en dietas altas en fibra de baja calidad suplementadas con harina de pescado, donde se puede especular que la poca degradabilidad ruminal del suplemento dificulta la digestión de la fibra por la carencia de desarrollo microbiano (Petit y Flipot, 1992).

En el caso puntual del experimento con corderos (Loosli y Harris, 1945) alimentados con maíz, avena y harina de alfalfa, la adición de urea provocó un aumento importante en la ganancia, De todas maneras el experimento evidenció que el aminoácido metionina es limitante en estas dietas al responder positivamente a su adición.

En los experimentos en donde se incluyó nitrógeno no proteínico de lenta y rápida liberación no se registraron diferencias entre las dos fuentes en performance animal. No se encontraron experiencias donde se probara el nitrógeno no proteínico de lenta liberación en condiciones de confinamiento con altos niveles de fibra, condición en la

cual el uso de urea deprime la performance frente a la proteína verdadera. Cuando se probó Optigen II® en suplementaciones sobre campo natural, este obtuvo peores resultados que la suplementación con proteína verdadera (Esteves et al., 2013).

2.6.3. Otros aspectos relacionados a la respuesta animal

Cuadro No. 9. Otras experiencias en rumiantes con variaciones en la fuente proteínica.

| Exp | Animal |             |                | Dieta                         |                                |         | Performance |                   |              |       |     |
|-----|--------|-------------|----------------|-------------------------------|--------------------------------|---------|-------------|-------------------|--------------|-------|-----|
|     | Raza   | Peso i (kg) | Sexo           | Concentrado                   | Fuente de Fibra                | % P. C. | % Conc      | Ganancia (Kg/día) | Consumo Kg/d | E.C.  |     |
| 1   | Ch.    | 335 ±23     | Macho castrado | GHM + HGMZ + HSa              | Silo de alfalfa                | 17      | 85          | 1,43              | 8,8          | 6,15  |     |
|     |        |             |                | GHM + HGMZ + HSa + 5%HP       |                                |         |             | 1,45              | 8,6          | 5,93  |     |
|     |        |             |                | GHM + 10%HP                   |                                |         |             | 1,34              | 7,9          | 5,90  |     |
| 2   | H y PH | 136         | Macho castrado | MZ+MZGM+Nitrum24. Of: 2%MS    | -                              | 16      | 100         | 0,7               | 2,96         | 4,23  |     |
|     |        |             |                | MZ+MZGM+Nitrum24. Of: 3,2%MS  |                                |         |             | 1,14              | 4,44         | 3,89  |     |
|     |        |             |                | MZ+MZGM+Nitrum24. ad. Libitum |                                |         |             | 1,15              | 4,11         | 3,57  |     |
| 3   | Cruza  | 395 ±6,3    | Macho castrado | SFMZ+U (5,1% PNDR/5,4%PDR)    | Heno de alfalfa y silo de maíz | 10,9    | 52,6        | 1,73              | 9,54         | 5,5   |     |
|     |        |             |                | SFMZ+U (5,1% PNDR/6,4%PDR)    |                                |         |             | 11,3              | 1,72         | 9,54  | 5,5 |
|     |        |             |                | SFMZ+U (5,1% PNDR/7,4%PDR)    |                                |         |             | 12,42             | 1,77         | 9,83  | 5,6 |
|     |        |             |                | SFMZ+U (5,1% PNDR/8,4%PDR)    |                                |         |             | 13,1              | 1,85         | 10,05 | 5,4 |
|     |        |             |                | SFMZ+U (5,1% PNDR/9,4%PDR)    |                                |         |             | 14,4              | 1,83         | 10,1  | 5,5 |
|     |        |             |                | SFMZ+HGMZ (6,1% PNDR/8,4%PDR) |                                |         |             | 15,14             | 1,81         | 9,98  | 5,5 |

1. Mandell et al. (1997); 2. Vittone et al. (2013); 3. Wagner et al. (2009).

Referencias para los cuadros No. 7, 8 y 9: A: Angus; AT: Afrechillo de Trigo; AV: Avena; B: Brangus; C: Corderos; Ch.: Charolais; CN: Campo natural; EG: Expeller de Girasol; GHM: Silo grano húmedo de maíz; H: Hereford; HA: Harina de alfalfa; HC: Harina de Canola; HG: Harina de Girasol; HGMZ: Harina de gluten de maíz; HL: Harina de lino; HP: Harina de pescado; HPI: Harina de Pluma; HS: Harina de Soja; HSa: Harina de Sangre; Ho: Holstein; Met.: Metionina; MZ: Maíz grano; MZGM: Maíz grano molido; PDR: Proteína degradable en rumen; PNDR: Proteína no degradable en rumen; PH: Polled Hereford; S: Shorthorn; SFMZ: Steam-flake de maíz; SGM: Sorgo grano molido; T: Taninos; U: Urea. Letras diferentes (a, b, c, d, e) difieren significativamente dentro de un mismo experimento.

Mandell et al. (1997, cuadro No. 9 ref. 1) estudiaron el efecto del agregado de 2 niveles de harina de pescado (5% y 10%) como fuente proteínica en la dieta de novillos de sobreañeo; encontrando que los animales con 10% harina de pescado lograron menores ganancias, debidas a un menor consumo relativo de materia seca. Otros autores citados por Mandell et al. (1997) presentan resultados variados, en los que a veces el consumo aumenta, se reduce o se mantiene, variabilidad atribuida a los distintos niveles empleados de harina de pescado y a su contenido graso. Rule et al., citados por Mandell et al. notaron que el consumo de materia seca se reduce cuando las dietas contienen más de 8% de grasa debido al efecto negativo sobre la flora ruminal (Patil et al., citados por Mandell et al., 1997). La suplementación con harina de pescado no afectó el espesor de grasa subcutánea; tampoco modificó el área de ojo de bife, marmóreo, ni contenido de grasa intramuscular, resultados similares a los encontrados por Comerford et al. (1992), Petit y Flipot (1992), White et al., citados por Mandell et al. (1997).

Vittone et al. (2013, cuadro No. 9 ref. 2) realizó una experiencia con 42 terneros y terneras Hereford y Polled Hereford de 4 meses de edad y 136 kg de peso vivo empleando raciones isonitrogenadas (16% PB) a base de grano de maíz entero y molido (relación 70:30) con el agregado de urea protegida (UP; Nitrum24®; N=41,92%) y sin ninguna fuente de fibra efectiva. Ensayaron dos niveles de oferta diaria de alimento 2 y 3,2% del peso vivo (base "tal cual") y una ad libitum durante 67 días. Las ganancias obtenidas fueron de 0,702; 1,140 y 1,150 kg/día respectivamente, y la eficiencia de conversión 3,55; 3,25 y 3,01 kgMS/kgPV. En base a esto concluyen que: alimentando con raciones concentradas en base a maíz y urea protegida a terneros de recría se obtiene una performance similar a la obtenida con otras mezclas de cereales y concentrados; que las diferentes modalidades de suministro (restringido o ad libitum) son viables para sistemas comerciales, y que en consumos ad libitum de raciones concentradas debe monitorearse el engrasamiento de los terneros.

Wagner et al. (2009, cuadro No. 9 ref. 3) con novillos cruza de 395 kg de peso inicial, alimentados a base de steam flake de maíz y heno de alfalfa, analizaron la respuesta a varios niveles de proteína degradable y no degradable ruminalmente. Sus observaciones determinaron la ausencia de respuesta en peso final, consumo o eficiencia de conversión del alimento a niveles de proteína no degradable en rumen superiores a 5,1% (de la materia seca). Aumentos lineales de proteína degradable en rumen sí afectaron el peso final (máximo a niveles de 7,4-8,4% de la materia seca). En cuanto a efectos post-mortem, el rendimiento de la canal aumentó con los aumentos de proteína degradable; los distintos tratamientos no presentaron diferencias en cuanto al dressing de la canal; así también, el marmoreo de la carne y la calificación de calidad USDA no fueron afectados por la concentración de proteína degradable en rumen.

#### 2.6.4. En síntesis

Enfocando el análisis en ganando para carne, no se hallaron antecedentes científicos evaluando el efecto de la fuente proteínica utilizada sobre la performance de terneros destetados precozmente (2 a 3 meses de edad), tanto a campo como a corral, por lo que variar la fuente clásica (harina de soja o expeler de girasol) por cualquier otra genera una incertidumbre en cuanto a su viabilidad, tanto biológica como económica.

En cuanto a la harina de pescado, la única situación donde mostró una menor ganancia diaria fue cuando se incluyó en un 10 % y se la comparo con Harina de sangre en la misma proporción. En dietas ad libitum, la harina de pescado hizo descender el consumo y registró ganancias levemente menores (Mandell et al., cuadro No. 9).

Excepto en uno de los tratamientos del trabajo de Braman et al. (1973, cuadro No. 7 ref. 6) ninguna de las dietas que contenían algún porcentaje de sustitución con NNP obtuvieron mejores performance que las dietas con proteína verdadera, en los mejores casos la igualaron. De todos modos, la diferencia en las respuestas, en ningún caso evaluado, fueron excesivamente elevadas, por lo que la viabilidad económica de las dietas con NNP debe ser analizada caso a caso, teniendo en cuenta el menor costo que posee en relación a la proteína verdadera.

Como conclusión general entonces puede extraerse que el uso de NNP con éxito está fuertemente asociado a un nivel alto de concentración energética en las dietas, así como a condiciones de confinamiento, manifestando cierta independencia de la fuente de fibra usada y raza.

## 2.7. HIPÓTESIS

La fuente de proteína (urea, harina de pescado, harina de soja) utilizada en la formulación de raciones altamente concentradas para terneros de destete precoz alimentados en confinamiento afecta la performance animal para dietas isoenergéticas e isoproteínicas ofrecidas al 2,5% del peso vivo. La sustitución de nitrógeno no proteínico por proteína verdadera, y el incremento en el aporte de PNDR, mejora la ganancia de peso y/o la eficiencia de conversión del alimento.

Los efectos de esta respuesta estarían dados por cambios en la eficiencia de uso del alimento en general y del nitrógeno en particular.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN

El presente experimento fue realizado la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, ubicada en el departamento de Paysandú en el litoral norte del Uruguay, a 32°22’48’’ de latitud sur y 58°3’8’’ de longitud oeste, a 55 metros sobre el nivel del mar.

#### 3.2. PERÍODO EXPERIMENTAL

El período experimental tuvo una duración de 60 días comprendidos entre el 18 de marzo y el 17 de mayo del 2011; excluyendo el acostumbramiento previo de los animales.

#### 3.3. CLIMA

El departamento de Paysandú presenta una temperatura media anual de 17,5 °C, variando entre un máximo promedio de 23,3 °C y un mínimo promedio de 12,2 °C. El régimen de precipitaciones es de 1200 milímetros anuales y la humedad relativa es del 75% (URUGUAY. MDN. DNM, s.f.). En el cuadro No. 10 se pueden ver los valores de temperatura media, humedad relativa y precipitaciones medias mensuales históricas (1961 a 1990) para el departamento de Paysandú para los meses comprendidos por el período experimental.

Cuadro No. 10. Temperatura media (T), humedad relativa (HR) y precipitaciones (RR) medias mensuales para Paysandú.

| <b>PARAMETRO</b> | <b>Marzo</b> | <b>Abril</b> | <b>Mayo</b> |
|------------------|--------------|--------------|-------------|
| T (°C)           | 21,6         | 18           | 14,8        |
| HR (%)           | 72           | 75           | 77          |
| RR (mm)          | 147          | 103          | 77          |

Fuente: URUGUAY. MDN. DNM (s.f.)

### 3.4. ANIMALES

Se utilizaron 15 terneros y 12 terneras de la raza Hereford nacidos en la primavera del 2010 (peso vivo promedio al inicio del período experimental  $102 \pm 28$  kg y 4 meses de edad). Todos los animales provinieron del rodeo experimental de la EEMAC y fueron destetados precozmente y manejados bajo confinamiento hasta el inicio del experimento.

### 3.5. INFRAESTRUCTURA

Se utilizaron nueve corrales a cielo abierto ( $3.5 \times 15$  m,  $17.5 \text{ m}^2$  por animal; pendiente próxima a 2.5%) delimitados por hilos electrificados. Cada corral contó con un comedero, (1.80m de longitud, 60cm de frente de ataque por animal); y un bebedero con agua disponible a voluntad. Sobre el extremo opuesto a los comederos, los corrales contaban con un área de sombra ( $4,5 \text{ m}^2$  / animal) construida con una malla de sombrite al 80% ubicada a 3 m de altura para permitir la correcta circulación de aire. En la figura No. 1 se presenta un croquis de los corrales, y en la foto No. 1 una vista de los mismos.

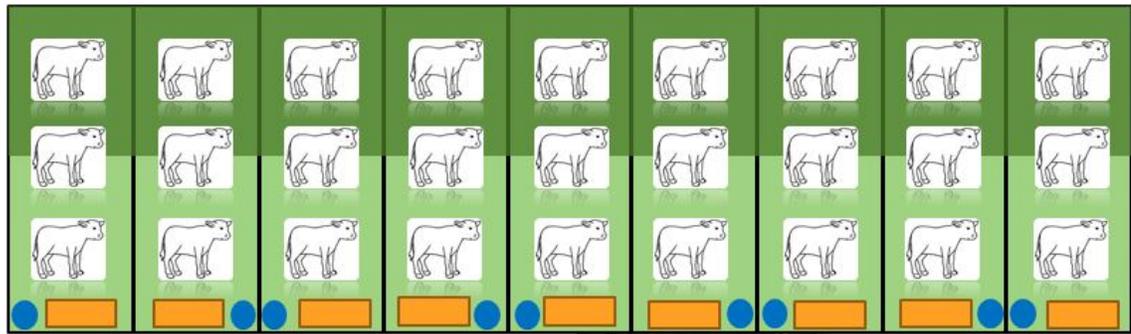
### 3.6. ALIMENTOS

Se formularon tres dietas iso-proteínicas e iso-energéticas, difiriendo en la fuente proteínica utilizada: Urea + Optigen, Harina de soja o Harina de Pescado. Las raciones formuladas no difirieron en concentraciones energéticas o proteínicas, pero sí en niveles de nitrógeno no degradable en el rumen debido a la fuente proteínica utilizada en cada caso, resultando en 3 niveles de proteína de sobrepaso, aproximadamente 20, 40 y 55 % respectivamente.

En el cuadro No. 11 se presenta la composición de ingredientes y química de las dietas formuladas.

### 3.7. TRATAMIENTOS

Los terneros, previa estratificación por sexo y peso, fueron asignados al azar a nueve grupos y estos a cada una de las tres dietas difiriendo en la fuente proteínica utilizada ( $n= 3$  corrales/ tratamiento; tres terneros/ corral). Cada corral representó una unidad experimental.



### Referencias



Figura No. 1. Croquis de los corrales.



Foto No. 1. Vista de los Corrales.

El alimento fue ofrecido diariamente a razón del 2.5% del peso vivo como ración totalmente mezclada, ajustado por corral tomando como referencia el último peso vivo medio de cada corral. El suministro del mismo fue realizado en tres comidas diarias (8:00, 14:00 y 17:00 hs.).

Cuadro No. 11. Composición de la dieta utilizada en cada tratamiento.

| Fuente proteínica                   | Tratamientos |             |           |
|-------------------------------------|--------------|-------------|-----------|
|                                     | UREA         | H. SOJA     | H.PESCADO |
| Ingredientes                        |              | (%MS total) |           |
| Ensilaje                            | 26,0         | 26,0        | 26,0      |
| Concentrado                         | 74,0         | 74,0        | 74,0      |
| Urea                                | 1,2          | 0,0         | 0,0       |
| Urea lenta liberación*              | 1,2          | 0,0         | 0,0       |
| Harina de soja                      | 0,0          | 23,1        | 0,0       |
| Harina de pescado                   | 0,0          | 0,0         | 18,6      |
| Sorgo grano molido                  | 16,6         | 22,5        | 23,5      |
| Maíz grano molido                   | 28,2         | 24,8        | 28,2      |
| Afrechillo de trigo                 | 23,1         | 0,0         | 0,0       |
| Núcleo**                            | 2,4          | 2,4         | 2,4       |
| Melaza                              | 1,2          | 1,2         | 1,2       |
| TOTAL RTM                           | 100          | 100         | 100       |
| Materia seca (%)                    | 73,8         | 73,5        | 73,7      |
| Proteína cruda (%MS)                | 16,3         | 15,9        | 16,4      |
| PNDR (%PC)                          | 21,9         | 39,5        | 54,2      |
| Energía Metabolizable<br>(Mcal/día) | 2,7          | 2,8         | 2,7       |

\*Optigen.

\*\*Núcleo: Zoodry feedlot, carbonato de calcio, NaCL, Rumensin (10% monensina), levadura beef-sac.

### 3.8. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se diferencian dos etapas en el período experimental:

- Período pre-experimental, destete precoz, dieta de transición y acostumbramiento a las dietas experimentales.
- Período experimental propiamente dicho de aplicación de las dietas particulares de cada tratamiento.

#### 3.8.1. Período pre-experimental

Los terneros fueron destetados el 17 de enero del 2011. Durante el primer día del protocolo de destete y el siguiente no se les suministró alimento, permaneciendo en los corrales con sombra y agua. A partir del tercer día, se les suministró fardo de alfalfa de buena calidad al 2% del peso vivo desagregado sobre los comederos sobre el cual se colocó ración de destete precoz a razón de 200 gramos por ternero. En los días sucesivos se siguió suministrando la misma cantidad de alfalfa pero aumentando la ración 200 gramos por día por cada ternero hasta llegar a un kg de ración por ternero el 23 de enero. A partir del día siguiente se comenzó a introducir el silo de sorgo planta entera (SPE) a razón de 200 g/día hasta alcanzar 1 kg de SPE por animal. A continuación se aumentó simultáneamente 200 g diarios de ración y 250 g de SPE al tiempo que se disminuyó 100 g diarios de fardo de alfalfa; logrando así una dieta final de 2 kg de ración y 2,3 kg de SPE por ternero el 5 de febrero la cual se mantuvo hasta el inicio de los distintos tratamientos. Durante todo este período el alimento se suministró una vez al día en el horario de la mañana.

El 13 de marzo se hizo el loteo de los animales y asignación a las dietas experimentales. El día 14 de marzo comenzó la introducción progresiva de las dietas, sustituyendo un 20% por día la ración de destete precoz (manteniendo constante la fuente y proporción de voluminoso en la dieta), alcanzando el 100% de sustitución el día 18 de marzo, comenzando aquí el período experimental.

### 3.8.2. Período experimental

El periodo experimental estuvo comprendido entre el 18 de marzo y el 17 de mayo del 2011.

El agua estuvo disponible a voluntad, completando todas las mañanas los bebederos manteniendo la limpieza de los mismos, para asegurar que la performance de los animales no se viera afectada por este factor.

### 3.9. MANEJO SANITARIO

El día del destete los terneros fueron vacunados contra queratoconjuntivitis, clostridiosis y rinotraqueitis infecciosa bovina (IBR). El tratamiento fue repetido a los 21 días, previo a ser llevado los terneros a los encierros del experimento.

### 3.10. REGISTROS Y MEDICIONES

El peso vivo se registró cada 7 días en la mañana, antes de la primer comida, previo ayuno aproximado de 12hs a 15hs.

Al final del período experimental (17/5) se midió la altura al anca de cada animal y se estimó la composición de la ganancia mediante ultrasonografía (midiéndose el espesor de grasa dorsal subcutánea y área de ojo de bife). La ultrasonografía fue realizada entre las 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla colocando el transductor lateralmente en dicha zona; las imágenes obtenidas fueron procesadas con software específicamente desarrollado para la evaluación de razas carniceras (BioSoft Tool Box II, Biotronic).

El consumo de alimento fue estimado diariamente como la diferencia entre la materia seca del alimento ofrecido y el rechazo. Los concentrados experimentales y el SPE fueron muestreados al principio del experimento, en la mitad y al final del período experimental (semanas 4 y 8) durante 3 días consecutivos.

La eficiencia de conversión se calculó como el cociente entre el consumo del corral y la pendiente de evolución de peso vivo de cada corral (ganancia media diaria).

### 3.11. ANÁLISIS DE LABORATORIO

La digestibilidad aparente de la dieta se determinó *in vivo* mediante el uso de marcadores internos (cenizas insolubles en ácido) (Van Soest et al., 1991) a partir del muestreo de heces de un animal por corral.

Además, el nitrógeno ureico en sangre se determinó al final del experimento al analizar las muestras de sangre tomadas de los mismos animales en los que se analizó digestibilidad.

### 3.12. ANÁLISIS QUÍMICOS

Se realizaron dos muestreos de heces a lo largo del período experimental con una duración de tres días cada uno. Cada muestreo se realizó una vez al día, durante esos 3 días consecutivos pero en horarios diferentes cada día (colecta parcial al momento de bosteo luego de la comida); comenzando el primer día a las 9:00, el segundo día a las 12:00 y tercer día a las 17:00 tras el suministro de alimento correspondiente.

Se tomaron muestras del alimento ofrecido (por corral) de cada tratamiento y las muestras de heces para la determinación de las cenizas insolubles en ácido.

Las muestras fueron congeladas inmediatamente, luego secadas y molidas al final de cada período combinándose en una sola muestra compuesta por animal

La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA ) y lignina detergente ácido fueron determinados con tecnología Ankom (Fiber Analyzer 200, Ankom Technology Corporation, Fairport, N.Y.) de forma secuencial (Van Soest et al., 1991).

Se analizó la digestibilidad aparente de la materia seca, digestibilidad de la materia orgánica, digestibilidad aparente de la proteína cruda y digestibilidad de la fibra insoluble en detergente neutro.

### 3.13. VARIABLES AMBIENTALES

Se registraron datos de temperatura media, humedad relativa y precipitaciones mediante registro medios diarios a partir de la estación meteorológica de la E.E.M.A.C.

### 3.14. REQUERIMIENTO DE LOS ANIMALES Y APOORTE PROTEÍNIC Y ENERGÉTICO DE LA DIETA

Para la determinación de los requerimientos de los animales y del aporte proteínico y energético de las dietas se utilizó el modelo propuesto por AFRC, citado por Simeone y Beretta (2011) utilizando como insumos los valores de consumo de materia seca, peso vivo y ganancia media diaria obtenidos en cada tratamiento. Los detalles de estos cálculos pueden observarse en el anexo 1. En este caso se utilizaron las ganancias y pesos promedios finalmente obtenidos así como el consumo de los animales, realizándose los cálculos para poder evaluar cuál fue el nutriente limitante en cada caso, así como observar el balance de energía y proteína disponible en rumen identificando cuál limitó finalmente el desarrollo microbiano.

### 3.15. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue analizado mediante modelos lineales correspondientes a un diseño de parcelas al azar, considerándose al conjunto de tres terneros/ corral como la 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 variables con 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:

$$Y_{ijklm} = \beta_0 + \zeta_j + \varepsilon_{jk} + \beta_1 d_i + \beta_1 j \zeta_j d_i + \beta_2 PV_{jk} + \sigma_{ijklm}$$

donde:

$Y_{ijklm}$ : Peso vivo.

$\beta_0$ : intercepto.

$\zeta_j$ : efecto de la j-ésima fuente de proteína (j= 1,2, 3).

$\varepsilon_{jk}$ : error experimental.

$\beta_1$ : es la pendiente promedio (ganancia diaria) del peso vivo (PV) en función de los días ( $d_1$ ).

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

$\beta_2$ : es la pendiente que afecta a la covariable PV al inicio del experimento (PV<sub>jk</sub>).

$\sigma_{jklm}$ : 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 en el procedimiento MIXED de acuerdo al modelo general:

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

donde:

$Y_{jklm}$ : consumo de materia seca.

$\mu$ : media general.

$\zeta_j$ : efecto de la j-ésima fuente de proteína ( $j= 1, 2,3$ ).

$S$ : efecto de la S-ésima semana ( $l= 1, 2...8$ ).

$\varepsilon_{jk}$ : error experimental.

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

Variables sin repetición en el tiempo analizaron utilizando el procedimiento GLM mediante un modelo lineal general de la forma:

$$Y_{jk} = \mu + \zeta_j + \varepsilon_{jk}$$

donde:

$Y_{jk}$ : eficiencia de conversión, AOB, EGS, Altura al anca, Urea en sangre

$\mu$ : media general.

$\zeta_j$ : efecto de la j-ésima fuente de proteína ( $j= 1, 2, 3$ ).

$\varepsilon_{jk}$ : error experimental.

En todos los casos, para la comparación de medias ajustadas de se utilizó el test de Tukey, considerándose como efectos muy significativos y significativos aquellos con  $P < 0.01$  y  $P < 0.05$ , respectivamente; y como efectos que presentan tendencia aquellos con  $P < 0.1$ . Asimismo fueron testeados los efectos lineales y cuadráticos asociados al aporte de PNDR aportado por cada uno de los tratamientos.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL PERÍODO

En el cuadro No. 12 se muestran las condiciones climáticas del período experimental.

Cuadro No. 12. Condiciones climáticas del período experimental.

| <b>Variable</b> | <b>Marzo</b> | <b>Abril</b> | <b>Mayo</b> |
|-----------------|--------------|--------------|-------------|
| T (°C)          | 22,2         | 19,4         | 16          |
| RR (mm)         | 54,6         | 148,8        | 92          |

T: Temperatura. RR: Precipitaciones.

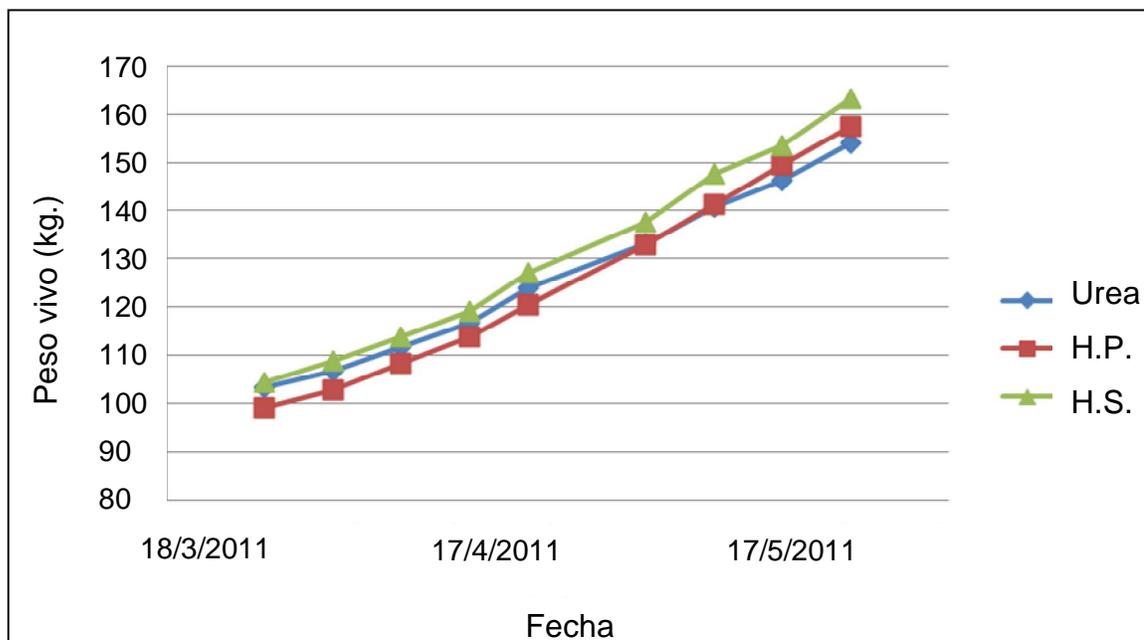
Fuente: elaborado a partir de datos de la Facultad de Agronomía. EEMAC. Estación Meteorológica.

Las condiciones climáticas no fueron diferentes a las de un año promedio.

### 4.2. EVOLUCIÓN DEL PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA

La evolución del peso vivo durante el período experimental mostró una tendencia ( $P < 0.1$ ) lineal positiva, observándose un efecto significativo de los tratamientos ( $P = 0,0277$ ).

En la gráfica No. 2 se observa la evolución en el tiempo de los pesos para cada tratamiento.



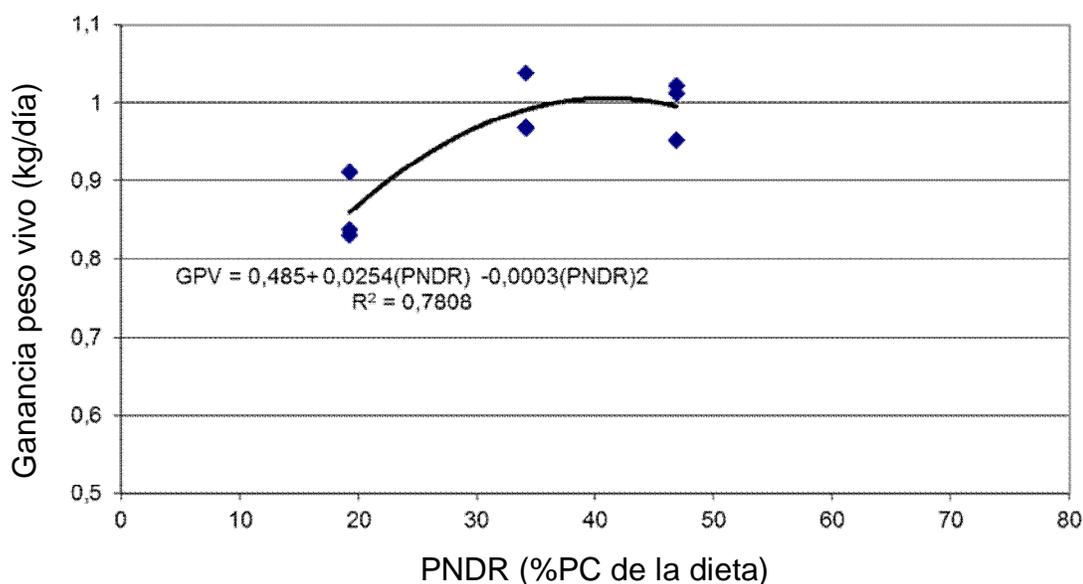
Gráfica No. 2. Efecto de la urea, harina de pescado (H.P.) y harina de soja (H.S.) como fuente proteínica utilizadas en una dieta altamente concentrada sobre la evolución de peso vivo de terneros destetados precocemente durante el posdestete.

La fuente proteínica afectó la ganancia media diaria (cuadro No. 13), observándose peor desempeño de los terneros alimentados con NNP respecto a los que recibieron HS ( $P= 0.0210$ ) o HP ( $P= 0.0179$ ), los cuales no difirieron entre sí ( $P<0.10$ ).

Cuadro No. 13. Efecto de la fuente proteínica sobre la ganancia media diaria (GMD) y el consumo de materia seca (CMS) a lo largo del experimento.

|                                 | Fuente proteínica |         |            | Pr > F |
|---------------------------------|-------------------|---------|------------|--------|
|                                 | Urea              | H. Soja | H. Pescado |        |
| <b>Peso Inicial (kg.)</b>       | 103,2             | 104,5   | 99,2       |        |
| <b>GMD (Kg./día)</b>            | 0,851 b           | 0,979 a | 0,983 a    | 0,0277 |
| <b>CMS (kg/día)</b>             | 3,06              | 3,13    | 3,02       | 0,2469 |
| <b>Eficiencia de conversión</b> | 3,67              | 3,18    | 3,09       | 0,0725 |

Cuando se analiza el efecto de la fuente proteínica asociado al aporte de PNDR (cuadro No. 11) sobre la ganancia de peso vivo, se registró una respuesta de tipo cuadrática ( $P= 0.0082$ ), registrándose incrementos decrecientes en la ganancia diaria por cada unidad de aumento en el contenido de PNDR de la dieta ofrecida, alcanzándose un máximo de 1,02 kg/día para un nivel de PNDR= 42,5% de la PC (gráfica No. 3).



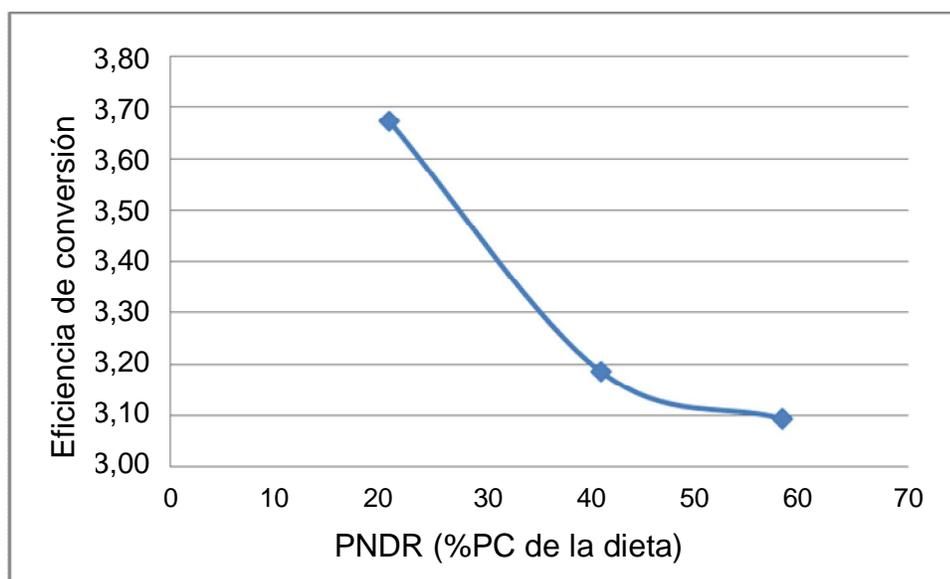
Gráfica No. 3. Efecto del aporte de proteína no degradable en rumen (PNDR) asociado a la fuente proteínica sobre la ganancia de peso vivo de los terneros.

#### 4.3. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

El consumo de alimento, en la mayoría de los casos, fue total a los 15 minutos del suministro (no registrándose rechazos).

El consumo promedio no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ( $P=0.2469$ ) (cuadro No. 13), observándose una tendencia ( $P= 0.0725$ ) a que el tratamiento con urea presentara peor eficiencia de conversión que los tratamientos con harina de soja ( $P=0.0571$ ) o con harina de pescado ( $P=0.0510$ ), siendo estos últimos iguales entre sí ( $P=0.7281$ ). Se registró en esta tendencia una respuesta lineal negativa al incrementarse el aporte de

PNDR, donde por cada 1% de aumento en la PNDR la eficiencia de conversión disminuyó en 0,057 unidades (gráfica No. 4).



Gráfica No. 4. Efecto del aporte de proteína no degradable en rumen sobre la eficiencia de conversión de los terneros.

#### 4.4. COMPOSICIÓN DE LA GANANCIA

La fuente de proteína no tuvo efecto significativo sobre el área del ojo de bife, espesor de grasa subcutánea, altura de los animales ni tampoco sobre la relación peso vivo/altura. En el cuadro No. 14 se presentan las medias ajustadas por tratamiento.

Cuadro No. 14. Efecto de la fuente proteínica sobre el peso, área del ojo de bife (AOB), espesor de grasa subcutánea (EGS), altura y relación peso vivo (PV) y altura medidas al finalizar el período experimental.

|                           | Fuente proteínica |         |            | Pr > F |
|---------------------------|-------------------|---------|------------|--------|
|                           | Urea              | H. Soja | H. Pescado |        |
| <b>Peso Final (kg)</b>    | 154,3             | 163,2   | 158,2      | 0,0644 |
| <b>AOB (mm)</b>           | 30,4              | 29,7    | 28,1       | 0,543  |
| <b>EGS (mm)</b>           | 3,7               | 3,2     | 3,6        | 0,795  |
| <b>Altura (cm)</b>        | 95,79             | 97,61   | 95,77      | 0,479  |
| <b>PV/Altura (kg./cm)</b> | 1,67              | 1,66    | 1,63       | 0,696  |

#### 4.5. DIGESTIBILIDAD Y NITRÓGENO UREICO EN SANGRE

La digestibilidad de la materia seca y de la materia orgánica, tendieron a variar con la fuente proteínica ( $P < 0,10$ , cuadro No. 15) observándose mayor digestibilidad en terneros consumiendo harina de pescado que harina de soja ( $P = 0,0908$ ) o urea ( $P = 0,0380$ ), no observándose diferencias entre estos dos últimos ( $P = 0,5469$ ).

La digestibilidad de la FDN no fue afectada por la fuente proteínica (cuadro No. 15), en tanto sí se observó un efecto significativo sobre la digestibilidad de la proteína cruda a favor de la urea respecto a la dieta con harina de soja ( $P = 0,0191$ ) pero igual al tratamiento con harina de pescado; además hay una tendencia a afirmar que en harina de pescado sea mayor que en soja.

La concentración de nitrógeno ureico en sangre (g/l) difirió entre tratamientos ( $P = 0,0201$ , cuadro No. 15). El tratamiento con urea fue el que presentó los valores superiores, siendo significativamente diferentes de harina de soja ( $P = 0,0071$ ) y una tendencia a ser superior a harina de pescado ( $P = 0,0781$ ), estos dos últimos son iguales entre sí ( $P = 0,1083$ ).

Cuadro No. 15. Digestibilidad de la materia seca, materia orgánica, fibra detergente neutro y de la proteína cruda así como nitrógeno ureico en sangre para los tratamientos.

|                | Fuente proteínica |         |            | Pr > F |
|----------------|-------------------|---------|------------|--------|
|                | Urea              | H. Soja | H. Pescado |        |
| <b>DMS %</b>   | 75,7              | 76,6    | 79,3       | 0.0848 |
| <b>DMO %</b>   | 78,3              | 79,5    | 82,5       | 0.0672 |
| <b>DFDN %</b>  | 61                | 56,6    | 64,5       | 0.2242 |
| <b>DPC %</b>   | 84,1 a            | 77 b    | 81,4 ab    | 0.0434 |
| <b>NUS g/l</b> | 0,163 a           | 0,107 b | 0,133 b    | 0.0201 |

DMS: Digestibilidad de la materia seca. DMO: Digestibilidad de la materia orgánica.  
DFDN: Digestibilidad de la fibra detergente neutro. DPC: Digestibilidad de la proteína cruda.  
NUS: Nitrógeno ureico en sangre.

#### 4.6. EVALUACIÓN DE LAS DIETAS A PARTIR DE ECUACIONES DE PREDICCIÓN

En el cuadro No. 16 se presenta el balance de energía y proteína para los terneros en cada tratamiento, así como el balance de energía y proteína disponible en rumen para el desarrollo microbiano estimados a partir de las ecuaciones AFRC (1993).

Cuadro No. 16. Evaluación de dietas para ganancias y pesos finalmente obtenidos\*.

|   | Fuente proteínica |         |            |
|---|-------------------|---------|------------|
|   | Urea              | H. Soja | H. Pescado |
| <b>Requerimiento de EM (Mcal/día)</b>     | 8.5               | 9.1     | 9.1        |
| <b>Consumo de EM (Mcal/día)</b>           | 8,2               | 8,8     | 8,2        |
| <b>Balance EM (Mcal/día)</b>              | - 0,3             | - 0,3   | - 0,9      |
| <b>Requerimiento de PM (g/día)</b>        | 304,6             | 334,9   | 334,2      |
| <b>Consumo de PM (g/día)</b>              | 254.8             | 317.8   | 321.8      |
| <b>Balance PM (g/día)</b>                 | - 49,8            | - 17,2  | - 12,4     |
| <b>Síntesis de proteína microbiana</b>    |                   |         |            |
| <b>A partir de la EMF (g/kg)</b>          | 96,8              | 107,6   | 103,6      |
| <b>A partir de la PDR efectiva (g/kg)</b> | 114,6             | 101,5   | 87,1       |
| <b>PDR efectiva (g/kg)</b>                | 128,4             | 107,9   | 99,3       |
| <b>PNDR efectiva (%PC)</b>                | 21,5              | 32,2    | 39,5       |

\*Cálculos según AFRC (1993).

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. EVALUACIÓN DE LAS DIETAS SEGÚN ECUACIONES DE PREDICCIÓN

Los valores obtenidos muestran como limitantes tanto a la energía como a la proteína para todos los casos, aspecto que revela algún grado de desajuste del modelo con la realidad al tratarse de ganancias finalmente constatadas. Igualmente esto no lo inhabilita para el análisis, ya que se puede llevar a cabo en términos relativos.

De esta forma podemos decir que para la dieta con urea la proteína metabolizable fue el nutriente limitante de la performance animal; para la dieta con harina de pescado el nutriente limitante habría sido la energía. Sin embargo en la dieta con harina de soja no podemos establecer cuál nutriente pudo ser el más limitante debido a que presentó valores moderados de deficiencia de ambos.

### 5.2. EFECTO DE LA FUENTE PROTEÍNICAS SOBRE LA GANANCIA MEDIA DIARIA

Las ganancias obtenidas en los tres tratamientos fueron muy superiores a las que comúnmente se obtienen en destetes tradicionales o en destete precoz a campo (Simeone y Beretta 2002, Beretta y Simeone 2008), pero inferiores a las obtenidas en destete precoz a corral con terneros alimentados *ad libitum* (Beretta et al., 2012), lográndose resultados similares a los esperados al formular la dieta para los tres tratamientos (NRC, 1996).

Los resultados obtenidos corroboran la hipótesis planteada respecto a que la fuente proteínica utilizada cuando el alimento se ofrece en cantidad fija afecta la ganancia de peso vivo de terneros destetados precozmente y alimentados en confinamiento con dietas concentradas. En el presente trabajo se observó una superioridad de los terneros recibiendo proteína verdadera como fuente de proteína suplementaria en la ración con relación a los que recibieron nitrógeno no proteínico. Tomando como referencia el aporte de PNDR, los resultados observados permitieron predecir que la mejor performance sería lograda cuando el aporte de PNDR es de 42,5% de la proteína cruda (gráfica No. 3).

La respuesta esperada al agregado de mayores niveles de PNDR con el uso de harina de pescado, en relación al aumento de peso vivo, no se constató.

Es probable que un detrimento en la síntesis de proteína microbiana, causado por un aumento en los niveles de PNDR (cuadro No. 16), haya sido compensado con esta en el duodeno, pero sin ocasionar aumentos netos en la absorción de proteína metabolizable, aspecto esperado tratándose de una categoría con rumen en desarrollo (Alberta Agriculture 1989, Owens y Zinn 1993, Funaba et al. 1994, Simeone y Beretta 2002).

Aunque al formular las dietas, en base a valores tabulares se estimaban valores de PNDR de 20, 40 y 55 % aproximadamente (para los tratamientos con urea, harina de soja y harina de pescado respectivamente), los valores predichos por el modelo de AFRC (1993) de la cantidad de PNDR que efectivamente alcanza el duodeno fueron de 21, 32 y 39 %, respectivamente. La disminución en el rango de variación entre estos valores podría estar explicando la falta de diferencias en performance animal entre las dos fuentes de proteína verdadera, lo cual se debería a que la degradabilidad de la proteína efectivamente lograda está asociada a diferencias en la tasa de pasaje y crecimiento microbiano (Owens y Zinn 1993, Tamminga 1979, NRC 2000, McDonald et al. 2002). En la misma línea de razonamiento la variabilidad existente en la harina de pescado como fuente proteínica podría causar la sobreestimación del alimento tanto en términos de proteína cruda como de su aporte de proteína no degradable en rumen (Hussein y Jordan 1991, Chandler 1989).

Adicionalmente, la dieta con harina de pescado, según el modelo AFRC (1993) presenta la mayor deficiencia energética con respecto a la ganancia finalmente obtenida, lo que probablemente limitó la respuesta, reportada por Hussein y Jordan (1991), que potencialmente pudo lograr esta categoría a la mayor proporción de PNDR.

Respecto a la inferioridad en ganancia diaria de peso del tratamiento con nitrógeno no proteínico frente a los de proteína verdadera, varios autores indican que la urea funciona bien para ganancias moderadas, pero en los casos de performances o requerimientos mayores comienzan a ser necesarias fuentes que contengan proteína de sobrepaso (Loosli y Harris 1945, Braman et al. 1973, Ørskov 1988, Owens y Zinn 1993, García Sacristán et al. 1995, Santos 1998b, La Manna et al. 2011). Para este caso, en el que se trabajó con animales jóvenes en cuya etapa del desarrollo se dan los máximos requerimientos proteínicos (Funaba et al., 1994), y por el objetivo productivo en el que se busca

lograr buenas performances, el aporte apropiado de aminoácidos al duodeno cobra una elevada importancia (Alberta Agriculture 1989, Owens y Zinn 1993).

Para el caso del tratamiento con urea los requerimientos de proteína metabolizable de terneros con un peso promedio de 123,4 kg para una ganancia media de 0,851 kg/día se encuentran insatisfechos en aproximadamente 50 g diarios (cuadro No. 16). Aun siendo las tres dietas isonitrogenadas, la ganancia media diaria en el tratamiento con urea estuvo limitada por el consumo diario de proteína metabolizable. Este menor consumo de proteína metabolizable aparece asociado a una menor síntesis de proteína microbiana, la cual fue limitada por el aporte de energía fermentable en rumen de este tratamiento, disminuyendo el aprovechamiento tanto de la proteína degradable en rumen, como del nitrógeno no proteínico (AFRC, 1993). Esto concuerda con lo expresado por Di Marco y Aello (2005), en línea con Lewis (1962), Bartley y Deyoe (1981), Owens y Zinn (1993), con respecto a que la cantidad y la naturaleza de los carbohidratos incluidos en la dieta afectan la utilización del amonio y por consiguiente la síntesis microbiana.

En la dieta con harina de soja, la síntesis de la proteína microbiana está limitada por el aporte de proteína al rumen pero muy levemente, se podría decir que está sincronizado con el aporte de energía (101,5 g contra 107,6 g). Considerando los valores del cuadro No. 16, puede decirse que para terneros con un peso promedio de 127,4 kg y una ganancia media de 0,979 kg/día la dieta presentó un balanceado aporte de energía y proteína tanto en rumen como para cubrir los requerimientos totales del animal (AFRC, 1993).

En el tratamiento con harina de pescado, terneros con un peso promedio de 122,1 kg para una ganancia media de 0,983 kg/día, la ganancia de peso estuvo limitada por la energía, y contrariamente a lo observado cuando se utilizó urea, la limitante para la síntesis microbiana fue la proteína disponible en rumen, evidenciando que la proteína que aporta esta dieta es la menos digestible en rumen (AFRC, 1993). Esto coincide con lo que concluyen Zinn y Shen (1998) acerca de la necesidad de cierta cantidad de proteína degradable en rumen para maximizar la síntesis proteínica, sugiriendo un mínimo de 100 gramos de proteína degradable por cada kg. de materia orgánica digestible.

### 5.3. CONSUMO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

Según los cálculos realizados en base a los requerimientos expresados por el NRC (2000), terneros de destete precoz confinados, alimentados al 2.5% de su peso vivo con una dieta concentrada y un porcentaje de proteína cruda del 16%, obtendrían ganancias promedio de entre 800 y 900 g diarios. Si la dieta se hubiera suministrado *ad libitum*, y con un porcentaje de proteína mayor, la cantidad de proteína consumida por los animales probablemente enmascararía los posibles efectos de la calidad de la proteína, objetivo principal del análisis de esta tesis.

Debido a que la diferencia entre los pesos promedio de cada tratamiento fueron moderadas y que la oferta de alimento era relativa a estos pesos (además de que en ningún caso se registró rechazo de alimento) el consumo resultante no presentó diferencias significativas entre las distintas fuentes de proteína. A causa de esto, las variaciones observadas en eficiencia de conversión se deben a diferencias en las ganancias de peso.

De todas formas, en términos absolutos, la eficiencia de conversión resultante de los tres tratamientos presentó valores muy buenos agronómicamente, acordes con la categoría dado el bajo peso relativo que tiene la deposición de grasa frente a la de músculo, y de acuerdo a predicciones realizadas según ecuaciones de NRC (NRC 2000, Simeone y Beretta 2002, Beretta, Di Marco, citados por Pordomingo 2005, Simeone 2008).

La peor eficiencia de conversión registrada por el tratamiento con nitrógeno no proteínico podría deberse a que, a pesar de que el 50% del aporte de este era de lenta liberación (Optigen II®), el suministro limitado de alimento sumado al fraccionamiento de la oferta en tres comidas, generó la particularidad de que a los 15 minutos luego de cada suministro, el alimento fuera totalmente consumido. Esto evidencia cierta concentración en la distribución del aporte de amonio proveniente de la urea que puede ser la causa de una peor eficiencia de conversión. Según Owens y Zinn (1993) los animales que consumen dietas con urea en condiciones *ad libitum* modifican su comportamiento de consumo realizando tomas más cortas y frecuentes. Esta situación que se da en dietas restringidas, podría mejorar si se incrementara el número de veces en que se divide la oferta del alimento, de modo de incrementar la eficiencia de multiplicación de los microorganismos ruminales y por lo tanto el aprovechamiento del nitrógeno y la performance animal (Owens y Zinn, 1993).

A pesar de tener mayor nivel de PNDR en comparación a la dieta con harina de soja, la dieta con harina de pescado no mejoró significativamente la ganancia diaria ni la eficiencia de conversión.

Como muestran los cálculos según AFRC (1993, cuadro No. 16) la dieta con harina de pescado presentó la mayor deficiencia energética, limitando esto la respuesta animal. Por esto, es probable que parte de la proteína ingerida haya sido destinada a cubrir dicha deficiencia por desaminación oxidativa de los aminoácidos (Owens y Zinn, 1993), liberando así urea y elevando los niveles de ésta en sangre. Analizando el cuadro No. 15 podemos ver niveles de urea en sangre superiores para la dieta con harina de pescado en relación a la dieta con harina de soja a pesar de que estadísticamente no presentan diferencias.

Las ganancias obtenidas con la dieta con harina de pescado son iguales a las de harina de soja, pero la ganancia en relación al peso vivo promedio de los dos tratamientos es mayor para los terneros alimentados con la dieta con harina de pescado, hecho que cobra relevancia al tratarse de dietas cuyo suministro es restringido a un porcentaje del peso vivo. Esto explica el menor consumo de energía (cuadro No. 16) que presentan los animales con harina de pescado, aunque todas las dietas sean isoenergéticas; por esto puede decirse que el suministro *ad libitum* de la misma dieta podría expresar mejores performances como respuesta al aumento en proteína no degradable en rumen.

De todas formas, si la deficiencia energética no existiera en la dieta con harina de pescado, el elevado aporte de PNDR que caracteriza a esta proteína, y que asegura un buen nivel de aminoácidos en el duodeno, provoca niveles reducidos de proteína disponible en el rumen que limitan el desarrollo microbiano aún con este aporte energético (cuadro No. 16). Al verse limitada la síntesis de proteína microbiana cobra importancia la complementariedad del perfil de aminoácidos de la proteína de sobrepaso de modo que de lo contrario podría incurrirse en un desbalance aminoacídico (Bergen 1979, Trenkle 1986, Chandler 1989, Merchen 1992, Owens y Zinn 1993, Santos et al. 1998a). Analizando el contenido de aminoácidos esenciales de la proteína microbiana y de la proteína de sobrepaso de la harina de pescado, contrastándolos con el del tejido animal como manera de caracterizar la demanda (cuadros No. 1 y 3), podemos asegurar que las dos fuentes mencionadas en todos los casos presentan niveles al menos iguales o superiores a los que componen el tejido animal.

Por otro lado, el nivel de PNDR de la proteína de soja es ideal para una máxima fermentación de los carbohidratos en el rumen, y a la vez para dosificar proteína de sobrepaso con un perfil de aminoácidos diferente al de la proteína microbiana apropiada a las necesidades del animal con altos requerimientos. (Young et al. 1973, Roy 1980, Alberta Agriculture 1989, Owens y Zinn 1993, Lin y Kung 1997, McDonald 2002, Heuzé et al. 2012). En otra categoría (novillos cruza de 395 kg.) Wagner et al. (2009) no encontraron respuesta a niveles de PNDR en la dieta superiores a 5,1% de la proteína cruda, valores muy alejados de los encontrados en este trabajo.

Estos resultados contrastan con lo mencionado por varios autores (Alberta Agriculture 1989, Owens y Zinn 1993, Funaba et al. 1994, Simeone y Beretta 2002, Beretta et al. 2012) quienes refieren a que el escaso desarrollo ruminal de esta categoría en relación a sus requerimientos proteínicos da la posibilidad de que exista respuesta al agregado de fuentes con más PNDR que las más usadas (harina de soja o expeler de girasol)

En una línea similar de resultados Santos et al. (1998a), también afirma que animales con altos niveles de performance productiva deben tener cantidades crecientes de proteína que escape al rumen, aunque muchos estudios en los que harina de soja es reemplazada por una fuente de elevada proteína no degradable en rumen no encontraron respuesta en el rendimiento en leche. Las posibles razones son: 1, la síntesis de proteína microbiana se redujo; 2, la proteína pasante tenían un perfil aminoacídico pobre (especialmente en esenciales); 3, la proteína pasante era de baja digestibilidad en el intestino delgado; y 4, las dietas control ya eran suficientemente elevadas en proteína no degradable en rumen.

De todas maneras los datos donde la inclusión de harina de pescado produjo efectos significativamente positivos al incluirla en dietas de vacas lecheras, fue cuando estas producían más de 30 Kg/día (Santos et al., 1998b) o cuando se encontraban en etapas tempranas de la lactancia, efecto que desaparecía hacia la lactancia media donde el consumo y la producción se acompañan (Domínguez y Grau, 2003).

Debido probablemente a que se trata de suministros restringidos, la inclusión de la harina de pescado en un 18,6 % de la dieta no causó efectos restrictivos al consumo, hecho que contrasta plenamente con bibliografía

consultada donde no se recomienda inclusiones mayores al 5% (Domínguez y Grau, 2003).

#### 5.4. CONSUMO DE PROTEÍNA METABOLIZABLE Y EFICIENCIA DE USO DEL NITRÓGENO

La respuesta animal a la fuente de proteína usada en la dieta puede deberse a las distintas cantidades y calidades del perfil de aminoácidos que llega al intestino delgado para ser absorbido (Kay, Bowers y McKiddie, citados por Braman et al. 1973, Young et al. 1973, Alberta Agriculture 1989, Owens y Zinn 1993). Para el caso de la urea, uno o los dos factores pueden ser deficientes en comparación con las otras fuentes de proteína verdadera. Dado que la proteína microbiana es de un excelente balance aminoacídico independientemente de la dieta consumida (Chalmers 1962, Young et al. 1973, Tamminga 1979, Roy 1980, Ørskov 1988, Chandler 1989, Santos et al. 1998b, Nava y Díaz 2001, McDonald et al. 2002, Relling y Mattioli 2003, De Ondarza 2004, Lalman 2004) el factor que limitaría la respuesta animal sería la cantidad de proteína que llega al duodeno. Es de destacar que la clave para aprovechar la urea como suplemento proteínico y su rápido aporte de amonio es la sincronía con la cantidad adecuada de carbohidratos rápidamente fermentables (Reid 1953, NRC 2000, Mac Loughlin, citado por Beraza et al. 2010). Si bien la concentración energética de la dieta utilizada no es inadecuada para esta categoría, existen variantes dietarias que mejoran la rápida disponibilidad de energía, tanto al aumentar la cantidad de concentrado como al usar fuentes de carbohidratos más digestibles (Reid 1953, Lewis 1962, Bartley y Deyoe 1981, Owens y Zinn 1993, NRC 2000, Di Marco y Aello 2005). El cálculo de proteína microbiana (cuadro No. 16) apoya esta conjetura, ya que advierte que la limitante del desarrollo de la misma habría sido el aporte de energía fermentable de la dieta. Si esta limitante no fuera tal y la proteína microbiana utilizara toda la proteína digestible en rumen y el nitrógeno no proteínico aportado por la dieta, alcanzaría valores cercanos a 290 gramos diarios, valores muy similares a los requerimientos calculados (304,6 g/día).

Esta falta de energía en rumen al momento de la degradación de la urea podría redundar en un sobrante de amonio, que al no poder ser transformado en proteína microbiana pasa a la circulación sanguínea aumentando el nivel de urea en sangre (Di Marco y Aello, 2005). Este aspecto se puede observar en que el tratamiento con urea es el que presentó los mayores valores de urea en

sangre (0,163 g/l) (cuadro No. 15). Este exceso elevaría el gasto de energía para excreción y consecuentemente el costo de mantenimiento, reduce la retención de nitrógeno con relación al consumo, y afecta probablemente la ganancia y la eficiencia de conversión (Chandler 1989, Owens y Zinn 1993, Santos et al. 1998b). De todas formas estos valores de urea en sangre no parecen tan elevados como para causar perjuicios si se comparan a los de Vercoe, citado por Pfander et al. (1975) quien expresa que este nivel puede variar en un rango de entre 4 a 10 mg/100ml, valores similares a los obtenidos por Young et al. (1973) en dietas que emplearon harina de soja y urea como fuentes proteínicas en novillos en terminación. Pfander et al. (1975) experimentando en corderos, establece que las performances superiores pueden obtenerse si se mantienen los niveles de urea en sangre en torno a 15 mg/100ml. Campbell y Watts, citados por Pfander et al. (1975) indican que un nivel por encima de lo normal en bovinos sería de 45 mg/100ml. Por otro lado, en condiciones de consumo ad libitum donde para esta categoría se llega a valores del 3,5% a 4% del peso vivo (Simeone et al., 2013), para estas dietas los valores de urea en sangre podrían alcanzar valores más destacables pudiendo incluso generar problemas de toxicidad.

#### 5.5. COMPOSICIÓN DE LA GANANCIA

La composición de la ganancia y el desarrollo animal medidos en área de ojo de bife, espesor de grasa subcutánea, altura y relación peso vivo/altura de los animales no fueron afectados por los diferentes niveles de PNDR, coincidiendo con los resultados de Comerford et al. (1992), Petit y Flipot (1992) y Mandell et al. (1997) quienes también analizaron el efecto de distintas fuentes de proteína sobre estos indicadores. Para nuestro caso, es probable que las escasas diferencias en peso final y la corta duración de los tratamientos (60 días), sumado al biotipo utilizado y etapa temprana del desarrollo animal, impidieran que las diferencias en ganancia diaria observadas se expresaran también de esta manera. Cabe destacar que si bien las ganancias diarias son elevadas productivamente la categoría en forma potencial es capaz de obtener valores mucho más elevados a las mismas (Beretta et al., 2012).

#### 5.6. DIGESTIBILIDAD DE LAS FRACCIONES DE LA DIETA

Las diferencias encontradas en la digestibilidad de las fracciones de la dieta no registran valores importantes que hagan suponer que puedan estar influyendo sobre el análisis de las variables analizadas.

Cabe destacar que aunque la dieta con harina de pescado obtuvo la menor síntesis de proteína microbiana, la digestibilidad de la materia seca, materia orgánica y de la fibra insoluble en detergente neutro no se vieron afectadas (cuadro No. 15), concordando con los resultados de Wagner et al. (2009) quienes encontraron respuesta animal hasta valores de PDR de entre 7,4 y 8,4 % de la materia seca, siendo que en este estudio el tratamiento con harina de pescado aportó 10,2% de PDR. Por esto aunque este nivel de PDR puede disminuir el desarrollo potencial de los microorganismos del rumen no alcanza a afectar la digestión de la materia orgánica ni la digestión de la proteína cruda a lo largo del tracto.

En cuanto a la digestibilidad de la proteína cruda, podemos conjeturar que el proceso industrial que sufre la harina de soja puede estar disminuyendo la digestibilidad de su proteína cruda (cuadro No. 15) (Acosta 2004, Gallardo 2008). No obstante, las diferencias en digestibilidad de la proteína cruda entre las dietas con harina de soja y con harina de pescado, no se expresaron en términos de ganancia diaria o eficiencia de conversión (cuadro No. 13).

La digestibilidad de la proteína cruda de la dieta con urea presentó el mayor valor, a pesar de lo cual, la ganancia obtenida fue limitada por el aporte de proteína metabolizable. Esto puede explicarse porque al contener una fuente de nitrógeno no proteínico que no es totalmente aprovechada en el rumen por los microorganismos, aumentan los niveles de urea en sangre (cuadro No. 15) y por consiguiente las pérdidas por orina.

## 5.7. DISCUSIÓN GENERAL

En términos generales, las tres dietas provocaron ganancias en torno a las esperadas al formularlas y al definir su nivel de suministro, obteniendo además eficiencias de conversión acordes a la categoría, por lo que las variantes estudiadas en cuanto a fuente proteínica tuvieron relativamente pocas diferencias en sus efectos.

Comparando las tres fuentes de proteína podemos definir a la harina de soja como la más adecuada para el objetivo de maximizar las ganancias de peso en estas condiciones, ya que la harina de pescado es más cara y obtuvo ganancias levemente superiores que no justifican su inclusión en dietas comerciales.

Sin embargo la dieta con harina de pescado obtuvo la mayor ganancia diaria en relación a su peso vivo lo que hace suponer que en condiciones de alimentación *ad libitum* podría existir respuesta a niveles mayores de proteína no degradable en rumen que los definidos como óptimos para estas condiciones.

La sustitución total con nitrógeno no proteínico realizada demostró plena viabilidad biológica y promisorios resultados económicos al tratarse relativamente de la fuente más barata debido a su elevado contenido porcentual de proteína equivalente. A pesar de esto, dicha sustitución total se ve limitada a obtener ganancias moderadas y suministros restringidos como los usados debido a la posibilidad de aumentos excesivos en urea en sangre, no obstante se presenta como una opción su utilización en mezclas con proteína verdadera.

El rango obtenido de ganancias diarias y la duración del período de confinamiento no causaron variaciones en el engrasamiento que supongan, para las más elevadas, problemas en etapas posteriores a pasto.

## 5.8. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

Analizando el peso final obtenido, es de destacar que el uso de dietas restringidas al 2,5% del peso vivo en los tres tratamientos logró al finalizar el período experimental, un peso final y eficiencias de conversión adecuadas para esta etapa y esta alimentación (Beretta et al., 2012). Las ganancias y eficiencias obtenidas con el uso de nitrógeno no proteínico, si bien fueron las menores, presentan valores muy interesantes a nivel productivo y a considerar en cada caso puntual de acuerdo a las implicancias económicas.

La deficiencia de energía que presentó la dieta con harina de pescado sumado a la falta de proteína degradable en rumen plantea la alternativa de que una sustitución parcial de la proteína verdadera por nitrógeno no proteínico podría ser favorable, ya que de esta manera sería posible agregar más carbohidratos rápidamente fermentables a la formulación y contrarrestar así las dos limitantes observadas.

El uso exitoso de nitrógeno no proteínico sobre esta categoría está asociado no solo a las condiciones de confinamiento sino probablemente al modo de suministro, por lo tanto podría decirse que el aumento de comidas diarias, o la alimentación ad libitum mejorarían los resultados.

Una posibilidad que se plantea es que, una leve reducción en el porcentaje de proteína cruda de la dieta mediante disminución del nivel de nitrógeno no proteico en la ración con Urea, podría evitar el gasto energético que provoca el exceso de nitrógeno que es excretado, pudiendo mejorar así la performance animal.

En este caso el aumento de los niveles de PNDR con el uso de harina de pescado por encima del óptimo encontrado, no reporta mejoras en eficiencia de conversión ni en ganancia de peso.

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, para terneros de destete precoz alimentados en condiciones de confinamiento con dietas concentradas isoenergéticas e isoproteínicas suministradas en forma restringida al 2,5% del peso vivo, la fuente de proteína utilizada afecta la performance animal. La sustitución de nitrógeno no proteínico por proteína verdadera, y el incremento en el aporte de proteína no degradable en rumen, mejoran la ganancia de peso y la eficiencia de conversión del alimento hasta valores en torno a 40% de la proteína cruda.

No se encontraron diferencias entre las fuentes de proteína verdadera en términos de ganancia ni de eficiencia de conversión, siendo ambas superiores a la fuente de nitrógeno no proteínico.

Los distintos aportes de proteína no degradable en rumen no tuvieron efectos diferentes sobre el desarrollo corporal y la composición de la ganancia de los animales utilizados.

## 7. RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de dietas formuladas con diferentes fuentes proteínicas distintas en el tipo de aporte de nitrógeno (proteína verdadera y nitrógeno no proteínico) y en su degradación ruminal, en terneros destetados precozmente y alimentados a corral. La respuesta fue evaluada en términos de ganancia media diaria, eficiencia de conversión, composición de la ganancia, digestibilidad y nitrógeno ureico en sangre. Se formularon 3 dietas iso-proteínicas e iso-energéticas, pero con diferencias en la fuente proteínica utilizada: Urea + Optigen II®, Harina de soja y Harina de Pescado, resultando en 3 niveles de proteína de sobrepaso, de aproximadamente 20, 40 y 55 % respectivamente. El alimento se ofreció a razón del 2.5 % del peso vivo en tres comidas diarias siendo el consumo del 100 % del suministro en todos los casos. Se realizó en la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC) de la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, ubicada en el departamento de Paysandú en el litoral norte del Uruguay, entre el 18 de marzo y el 17 de mayo del 2011; excluyendo el acostumbramiento previo de los animales. Se utilizaron 15 terneros y 12 terneras de la raza Hereford nacidos en la primavera del 2010, con un peso promedio de inicio de  $97 \pm 28$  kg, provenientes del rodeo de cría de la estación experimental. La fuente proteínica afectó la ganancia media diaria, observándose peor desempeño de los terneros alimentados con nitrógeno no proteínico respecto a los que recibieron harina de soja ( $P= 0.0210$ ) o harina de pescado ( $P= 0.0179$ ), los cuales no difirieron entre sí ( $P<0.10$ ). Analizando la ganancia en términos de aporte cuantitativo de proteína no degradable en rumen, se obtuvo una respuesta cuadrática alcanzándose un máximo de 1,02 kg/día para un nivel de proteína no degradable en rumen del 42,5% de la proteína cruda. Los consumos no difirieron entre sí por lo que se observó una tendencia a que el tratamiento con urea tiene una peor eficiencia de conversión que el tratamiento con harina de soja ( $P=0.0571$ ) y que el tratamiento con harina de pescado ( $P=0.0510$ ), siendo estos últimos iguales entre sí ( $P=0.7281$ ). Se registró en esta tendencia ( $P= 0.07$ , cuadro No. 13) una respuesta lineal negativa al incrementarse el aporte de proteína no degradable en rumen, donde por cada 1% de aumento la eficiencia de conversión disminuyó en 0,057 unidades. La fuente de proteína no tuvo efecto significativo sobre la composición de la ganancia de los animales, ni el desarrollo corporal. En base a los resultados obtenidos se concluye que hay una respuesta positiva

en términos de ganancia diaria y eficiencia de conversión al agregado de proteína no degradable en rumen hasta valores en torno a 40% de la proteína cruda, aunque la fuente y nivel de proteína no degradable deben ser evaluados en cada caso dependiendo de los objetivos biológicos y económicos pretendidos.

Palabras clave: Ternero; Destete precoz; Corral; Fuente proteínica; Harina de soja; Harina de pescado; Nitrógeno no proteínico.

## 8. SUMMARY

The following experiment was conducted to evaluate the effect of three diets formulated with three different protein sources varying in protein type (true protein vs non protein nitrogen) and ruminal degradability on early weaned feedlot calves. Treatment effects were evaluated in terms of average daily gain, feed efficiency, gain composition, feed digestibility and blood urea nitrogen. The three diets were isocaloric and isoproteic, differing only in its protein source, being in each case: urea+Optigen II®, fish meal or soybean meal, resulting in three levels of bypass protein of approximately 20, 40 and 55% respectively. Animals were feed three times daily a total of 2,5% its live weight, which meant 100% feed consumption and no leftovers were found in any case. It took place in the Intensive Meat Production Unit (“UPIC” from its name in Spanish) located in the experimental station “Dr. Mario A. Cassinoni” of the Agronomy University in Paysandú, Uruguay, between March 18<sup>th</sup> and May 17<sup>th</sup>, 2011; excluding previous animal habituation to concentrate feeds. Fifteen Hereford calves and twelve Hereford veals were used, all of which were born in spring of 2010 with an average initial weight of 97±28 kg bred in the experimental station. Protein source affected daily weight gain, worst performance were made by animals feed non protein nitrogen compared to those fed fish meal (P= 0.0210) or soybean meal (P= 0.0179), with no differences between the latter two (P<0.10). Analyzing weight gain in terms of undegradable protein intake, a quadratic response was found with a maximum gain of 1,02 kg/day at 42,5% undegradable protein as a percent of crude protein in the feed. Because feed intake was the same for all treatments, feed efficiency tended to be worst for the urea+Optigen II® diet than the ones expressed in animals fed fish meal (P=0.0510) and soybean meal (P=0.0571), showing no differences between this two (P= 0,7281). This tendency registered a negative linear response to undegradable intake protein increments, in which for every one percent of increase in undegradable intake protein feed efficiency decreased 0,057 units. Protein source had no effect on gain composition. Based on the obtained results it is concluded that there is a positive effect in terms of daily weight gain and feed efficiency to an increase in undegradable intake protein up to approximately 40% of crude protein, thou protein source and undegradable intake protein level should be evaluated in every case according to the biological and economical intended objectives.

Keywords: Calf; Early weaning; Feedlot; Protein source; Soybean meal; Fish meal; Non-protein nitrogen.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. ACOSTA, Y. 2004. Estimación del valor nutritivo para producción de leche. (en línea). In: Mieres J. M. ed. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 69-78 (Serie Técnica no. 142). Consultado 8 jun. 2013. Disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=979>
2. AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants; an advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. Wallingford, UK, CABI. 159 p.
3. ALBERTA AGRICULTURE. 1989. The beef cow - calf manual. Alberta, Canadá, Alberta Agriculture. Beef Cattle and Sheep Branch. 115 p.
4. BARLOW, S. M.; WINDSOR, M. L. 1984. Fishery by-products. (en línea). IFFO. Technical Bulletin no. 19. 23 p. Consultado 2 feb. 2013. Disponible en <http://www.iffonet.net/downloads/Technical%20Bulletins/English/TB19%20Fishery%20Byproducts.PDF>
5. BARTLEY, E. E.; DEYOE, C. W. 1981. Reducing the rate of ammonia release by the use of alternative non-protein nitrogen sources. In: Haresign, W.; Cole, D. J. A. eds. Recent developments in ruminant nutrition. London, Butterworths. pp. 99-114.
6. BERAZA, D.; EICHIN, M. E.; GALLO, J. A.; SCHNEEBERGER, R. 2010. Evaluación de la fuente proteínica en dietas concentradas para novillos y terneros alimentados a corral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 98 p.
7. BERETTA, V.; SIMEONE, A. 2008. Alimentando terneros de destete precoz. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10<sup>a.</sup>, 2008, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 16-19.

8. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; ELIZALDE, J. C.; CAORSI, C. J.; LAMARCA, M. 2012. Destete precoz a corral; una nueva herramienta para una nueva cría. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (14<sup>a</sup>., 2012, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 14-27.
9. BERGEN, W. G. 1979. Free aminoacids in blood of ruminants – physiological and nutritional regulation. (en línea). *Journal of Animal Science*. 49:1577-1589. Consultado 25 abr. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/49/6/1577>
10. BRAMAN, W. L.; HATFIELD, E. E.; OWENS, F. N.; LEWIS J. M. 1973. Protein concentration and sources for finishing ruminants fed high-concentrate diets. (en línea). *Journal of Animal Science*. 36: 782-787. Consultado 30 ene. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/36/4/782.full.pdf>
11. BRITO, A. F.; BRODERICK, G. A.; REYNAL, S. M. 2007. Effects of different protein supplements on omasal nutrient flow and microbial protein synthesis in lactating dairy cows. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 90 (4): 1828-1841. Consultado 28 set. 2013. Disponible en [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(07\)71670-3/fulltext](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(07)71670-3/fulltext)
12. BURROUGHS, W.; NELSON, D. K.; MERTENS, D. R. 1975. Protein physiology and its application in the lactating cow; the metabolizable protein feeding standard. (en línea). *Journal of Animal Science*. 41(3):933-944. Consultado 15 jul. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/41/3/933>
13. CANTET, R. J. C. 1983. El crecimiento del ternero. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 81 p.
14. CHALMERS, M. I. 1962. Síntesis proteínica en el rumen. In: Lewis, D. ed. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Zaragoza, Acribia. pp. 239 – 266.

15. CHALUPA, W. 1968. Problems in feeding urea to ruminants. (en línea). Journal of Animal Science. 27: 207-219. Consultado 5 may. 2013. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/27/1/207>
16. CHANDLER, P. T. 1989. Achievement of optimum amino acid balance possible. Feedstuffs. 61(26):14-25.
17. COLE, N. A.; TODD, R. W. 2008. Opportunities to enhance performance and efficiency through nutrient synchrony in concentrate-fed ruminants.(en línea). Journal of Animal Science. 86: E318-E333. Consultado 8 jul. 2014. Disponible en [http://journalofanimalscience.org/content/86/14\\_suppl/E318.full?sid=b133b47e-babc-442c-b863-80fee698b314](http://journalofanimalscience.org/content/86/14_suppl/E318.full?sid=b133b47e-babc-442c-b863-80fee698b314)
18. COMERFORD, J. W.; HOUSE, R. B.; HARPSTER, H. W.; HENNING, W. R.; COOPER, J. B. 1992. Effects of forage and protein source on feedlot performance and carcass traits of Holstein and crossbred beef steers. (en línea). Journal of Animal Science. 70:1022-1031. Consultado 28 ene. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/70/4/1022>
19. COTTRILL, B. R.; BEEVER, D. E.; AUSTIN, A. R.; OSBOURN, D. F. 1982. The effect of protein- and non-protein-nitrogen supplements to maize silage on total amino acid supply in young cattle. (en línea). British Journal of Nutrition. 48 (3). 527-541. Consultado 29 ene. 2014. Disponible en <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=846920&fulltextType=RA&fileId=S0007114582000622>
20. CRAPLET, C. 1969. El ternero. Barcelona, ES, GEA. 336 p.
21. CROMWELL, G. L. 1999. Soybean meal; the "Gold Standard". (en línea). The Farmer's Pride, KPPA News. 11 (20): s.p. Consultado 19 may. 2014. Disponible en <http://www.uky.edu/Ag/AnimalSciences/pubs/soybeanmeal-thegoldstandard.PDF>

22. CSIRO. 2007. Nutrient requirements of domesticated ruminants. Collingwood, AU. 270 p.
23. DE ONDARZA, M.B. 2004. Amino acids. (en línea). Tumba, Sweden, Milkproduction.com. s.p. Consultado 21 jul. 2014. Disponible en <http://www.milkproduction.com/Library/Scientific-articles/Nutrition/Amino-acids/>
24. DI MARCO, O. N.; AELLO, M. S. 2005. Amonio y energía. (en línea). Revista Angus (Buenos Aires). 229:110-116. Consultado 11 jul. 2014. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/82-amonio\\_y\\_energia.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/82-amonio_y_energia.pdf)
25. DOBSON, A. 1962. Absorción en el rumen. In: Lewis, D. ed. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Zaragoza, Acribia. pp. 83 – 93.
26. ESCALONA, R.; RAMÍREZ, P.; BARZAGA G.; DE LA CRUZ, B.; MAURENIS, C. 2007. Intoxicación por urea en rumiantes. (en línea). Granma, Universidad de Granma. Facultad de Medicina Veterinaria. 4 p. Consultado 1 nov. 2013. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/suplementacion\\_proteínica\\_y\\_con\\_nitrogeno\\_no\\_proteínico/31-intoxicacion\\_por\\_urea.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/suplementacion_proteínica_y_con_nitrogeno_no_proteínico/31-intoxicacion_por_urea.pdf)
27. ESTEVES, M.; LAXALDE, S.; NARIO, M. 2013. Utilización de nitrógeno no proteínico en programas de suplementación invernal basados en autoconsumo para terneros pastoreando campo nativo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 153 p.
28. FAO. 1968. Nonprotein nitrogen in the nutrition of ruminants. (en línea). Roma. p. irr. (FAO Agricultural Studies no. 73). Consultado 6 mar. 2013. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/004/AC149E/AC149E00.htm#TOC>

29. FLUHARTY, F. L.; LOERCH, S. C.; TURNER, T. B.; MOELLER, S. J. Y LOWE G. D. 2000. Effects of weaning age and diet on growth and carcass characteristics in steers. (en línea). Journal of Animal Science. 78 (7):1759-67. Consultado 31 ene. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/78/7/1759.full.pdf+html>
30. FUNABA, M.; KAGIYAMA, K.; IRIKI, T.; ABE, M. 1994. Changes in nitrogen balance with age in calves weaned at 5 or 6 weeks of age. (en línea). Journal of Animal Science. 72 (3): 732-738. Consultado 12 mar. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/72/3/732.full.pdf+html>
31. GALLARDO, M. 2008. Soja; harinas de extracción para la alimentación del ganado. (en línea). Rafaela, INTA. s.p. Consultado 3 jun. 2014. Disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/soja-harinas-de-extraccion-para-la-alimentacion-del-ganado/>
32. GARCÍA, A.; CASTEJÓN, F.; DE LA CRUZ, L. F.; GONZÁLEZ, J.; MURILLO, M. D.; SALIDO, G. 1995. Fisiología veterinaria. Madrid, McGraw-Hill. 1074 p.
33. GARRIZ, M.; LOPEZ, A. 2002. Suplementación con nitrógeno no proteínico en rumiantes. (en línea). Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Veterinaria. 24 p. Consultado 5 feb. 2013. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion\\_proteínica\\_y\\_con\\_nitrogeno\\_no\\_proteínico/07-suplementacion\\_con\\_nitrogeno.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteínica_y_con_nitrogeno_no_proteínico/07-suplementacion_con_nitrogeno.pdf)
34. HAGEMEISTER, H.; LÜPPING, W.; KAUFMANN, W. 1981. Microbial protein synthesis and digestion in the high-yielding dairy cow. In: Haresign, W.; Cole, D. J. A. eds. Recent developments in ruminant nutrition. Butterworths, University of Nottingham School of Agriculture. pp. 31-48.

35. HART, E. B.; BOHSTEDT, G.; DEOBALD, H. J.; WEGNER, M. I. 1939. The utilization of simple nitrogenous compounds such as urea and ammonium bicarbonate by growing calves. (en línea). Journal of Dairy Science. 22: 785–798. Consultado 31 ene. 2014. Disponible en [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(39\)92937-1/abstract](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(39)92937-1/abstract)
36. HEUZÉ, V.; TRAN, G.; KAUSHIK, S. 2012. Soybean meal. (en línea). s.l., Feedipedia (An on-line encyclopedia of animal feeds). s.p. (Node no. 674). Consultado 25 mar. 2013. Disponible en <http://www.feedipedia.org/node/674>
37. HUSSEIN H. S.; JORDAN, R. M. 1991. Fish meal as a protein supplement in ruminant diets; a review. (en línea). Journal of Animal Science. 69: 2147-2156. Consultado 13 mar. 2013. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/69/5/2147.full.pdf+html?sid=6d32df26-c0ea-4fa8-9c4d-3c78b5728c7f>
38. INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TÉCNICAS (UNIT). s.f. Productos para alimentación animal.; harina de pescado, UNIT 774-88. Montevideo. 5 p.
39. KHORASANI, G. R.; SAUER, W. C.; OZIMEK, L.; KENNELLY, J. J. 1990. Digestion of soybean meal and canola meal protein and amino acids in the digestive tract of young ruminants. (en línea). Journal of Animal Science. 68 (10):3421-3428. Consultado 19 may. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/68/10/3421.full.pdf>
40. LALMAN, D. 2004. Nutrient requirements of beef cattle. (en línea). Oklahoma, OSU. Oklahoma Cooperative Extension Service. 19 p. (E-974). Consultado 15 oct. 2012. Disponible en <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-1921/E-974web.pdf>

41. LA MANNA, A.; TIERI, M. P.; BANCHERO, G.; MIERES, J.; FERNÁNDEZ, E.; PÉREZ, E. 2011. El nivel de proteína y su posible sustitución por urea en terneros; ¿tiene efecto en la performance inmediata y/o posterior de los animales en su recría?. (en línea). Revista INIA. no. 25:13-15. Consultado 6 jun. 2013 Disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=2408>
42. LEWIS, D. 1962. El destino de los compuestos nitrogenados en el rumen. In: Lewis, D. ed. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Zaragoza, Acribia. pp. 153 – 165.
43. LIN, C.; KUNG, L. Jr. 1997. Heat-treated soybeans and soybean meal in ruminant nutrition. (en línea). ASA (American Soybean Association). Technical Bulletin AN15. 13 p. Consultado 5 feb. 2013. Disponible en [http://www.asaimsea.com/index.php?language=en&screenname=\\_docs\\_Technical%20Bulletins%7CAnimal%20Nutrition](http://www.asaimsea.com/index.php?language=en&screenname=_docs_Technical%20Bulletins%7CAnimal%20Nutrition)
44. LOOSLI, J. K.; HARRIS, L. E. 1945. Methionine increases the value of urea for lambs. (en línea). Journal of Animal Science. 4 (4): 435-437. Consultado 4 nov. 2013. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/4/4/435>
45. McDONALD, I. W. 1952. The role of ammonia in ruminal digestion of protein. (en línea). Biochemistry Journal. 51: 86-90. Consultado 31 ene. 2014. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1197791/>
46. McDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D.; MORGAN, C. A. 2002. Animal nutrition. 6<sup>th</sup>. ed. Harlow, Essex, Pearson Education. 587 p.

47. MANDELL, I. B.; BUCHANAN-SMITH, J. G.; HOLUB, B. J.; CAMPBELL, C. P. 1997. Effects of fish meal in beef cattle diets on growth performance, carcass characteristics, and fatty acid composition of longissimus muscle. (en línea). Journal of Animal Science. 75:910-919. Consultado 22 ene. 2013. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/75/4/910.full.pdf+html?sid=c69afe6a-6db4-4bc7-baa4-a9d6d22a00c1>
48. MARICHAL, M.; TRUJILLO, A.I.; GUERRA, M. H.; CARRIQUIURY, M.; PIAGGIO, L. 2009. Comparación de las cinéticas de liberación de N-NH<sub>3</sub> in vitro y de la degradación ruminal del N de la urea protegida, urea y subproductos agroindustriales. Agrociencia (Montevideo). 13 (2): 52 – 59.
49. MASCARDI, L. E. 2007. Evaluación de Optigen como fuente de proteína en terneros alimentados a corral. Buenos Aires, AR, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Animal. 19 p.
50. MERCHEN, N. R.; TITGEMEYER, E. C. 1992. Manipulation of amino acid supply to the growing ruminant. (en línea). Journal of Animal Science. 70 (10): 3238-3247. Consultado 13 may. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/70/10/3238>
51. \_\_\_\_\_. 1993. Digestión, absorción y excreción en los rumiantes. In: Church, D. C. ed. El rumiante; fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, Acribia. pp. 159 – 189.
52. MILTON, C. T.; BRANDT, R. T.; TITGEMEYER, E. C.; KUHL, G. L. 1997. Effect of degradable and escape protein and roughage type on performance and carcass characteristics of finishing yearling steers. (en línea). Journal of Animal Science. 75: 2834-2840. Consultado 3 ene. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/75/11/2834.full.pdf+html>

53. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1985. Ruminant nitrogen usage. (en línea). Washington, D. C., National Academy Press. 148 p. Consultado 31 ene. 2014. Disponible en [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=615](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=615)
54. \_\_\_\_\_. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. 7<sup>th</sup>. ed. Washington, D.C., National Academy Press. 232 p.
55. \_\_\_\_\_. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. (en línea). 7<sup>th</sup>. rev. ed. Washington, D.C., National Academy Press. 248 p. Consultado 7 abr. 2013. Disponible en [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=9791](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9791)
56. \_\_\_\_\_. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. (en línea). 7<sup>th</sup>. rev. ed. Washington, D.C., National Academy Press. 381 p. Consultado 7 abr. 2013. Disponible en [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=9825](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9825)
57. NAVA, C.; DIAZ, A. 2001. Introducción a la digestión ruminal. (en línea). Coyoacan, UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 13 p. Consultado 5 abr. 2013. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/79-introduccion\\_a\\_la\\_digestion\\_ruminal.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/79-introduccion_a_la_digestion_ruminal.pdf)
58. ØRSKOV, E. R. 1988. Nutrición proteínica de los rumiantes. Zaragoza, Acribia. 178 p.
59. OWENS, F. N.; ZINN, R. 1993. Metabolismo de la proteína en los rumiantes. In: Church, D. C. ed. El rumiante; fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, Acribia. pp. 255 – 281.
60. PETIT, H. V.; FLIPOT, P. M. 1992. Source and feeding level of nitrogen on growth and carcass characteristics of beef steers fed grass as hay or silage. (en línea). Journal of Animal Science. 70:867-875. Consultado 22 ene.2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/70/3/867.full.pdf+html?sid=594a269b-72e7-451d-989b-038c4794eeeb>

61. PFANDER, W. H.; GREBING, S. E.; PRICE, C. M.; LEWIS, O.; ASPLUND, J. M.; ROSS, C. V. 1975. Use of plasma urea nitrogen to vary protein allowances of lambs. (en línea). *Journal of Animal Science*. 41:647-653. Consultado 5 jun. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/41/2/647>
62. PORDOMINGO, A. J. 2005. *Feedlot; alimentación, diseño y manejo*. Anguil, INTA. 224 p.
63. QUINTANS, G.; VÁZQUEZ, A. I. 2002. Control del amamantamiento. Efecto del destete precoz en vacas y terneros; resultados de tres años. (en línea). *In: Jornada Anual de Producción Animal (2002, Treinta y Tres)*. Resultados experimentales. Montevideo, INIA. pp. 57-62 (Actividades de Difusión no. 294). Consultado 18 set. 2013. Disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=706>).
64. REID, J. T. 1953. Urea as a protein replacement for ruminants; a review. (en línea). *Journal of Dairy Science*. 36: 955-996. Consultado 5 may. 2013. Disponible en [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(53\)91586-0/abstract](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(53)91586-0/abstract)
65. RELLING, A. E.; MATTIOLI, G. A. 2003. *Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes*. (en línea). La Plata, AR, Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Veterinarias. 72 p. Consultado 6 jun. 2013. Disponible en <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/catbioquimicavet/fisio%20dig%20rumiantes.pdf>
66. RICHARDSON, C. R.; HATFIELD, E. E. 1978. The limiting amino acids in growing cattle. (en línea). *Journal of Animal Science*. 46 (3): 740-745. Consultado 26 mar. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/46/3/740.full.pdf+html>

67. ROTGER, A.; FERRET, A.; CALSAMIGLIA, S.; MANTECA, X. 2006. Effects of nonstructural carbohydrates and protein sources on intake, apparent total tract digestibility, and ruminal metabolism in vivo and in vitro with high-concentrate beef cattle diets. (en línea). Journal of Animal Science. 84:1188–1196. Consultado 10 jul. 2012. Disponible en <http://journalofanimalscience.org/content/84/5/1188.full>
68. ROVIRA, J. 1996. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 287 p.
69. ROY, J. H. B. 1980. The calf. 4<sup>th</sup> ed. London, Butterworths. 442 p.
70. SANTOS, F. A. P.; SANTOS, J. E. P.; THEURER, C. B.; HUBER, J. T. 1998a. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance; a 12-year literature review. (en línea). Journal of Dairy Science. 81 (12): 3182-3213. Consultado 18 mar. 2014. Disponible en [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(98\)75884-9/abstract](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(98)75884-9/abstract)
71. \_\_\_\_\_.; HUBER, J. T.; THEURER, C. B.; SWINGLE, R. S.; SIMAS, J. M.; CHEN, K. H.; YU, P. 1998b. Milk yield and composition of lactating cows fed steam-flaked sorghum and graded concentrations of ruminally degradable protein. (en línea). Journal of Dairy Science. 81 (1): 215-220. Consultado 19 mar. 2014. Disponible en [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(98\)75568-7/abstract](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(98)75568-7/abstract)
72. SCAGLIA, G. 1998. Alimentación del ternero. (en línea). In: Jornada Anual de Producción Animal (1998, Treinta y Tres). Resultados Experimentales 1997-1998. Montevideo, INIA. pp.31-37 (Actividades de Difusión no. 172). Consultado 1 jun. 2014. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14445060313160732.pdf>
73. SIMEONE, A.; BERETTA, V. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Hemisferio Sur. 118 p.

74. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2008. Destete precoz; eficiencia y eficacia en cría vacuna. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10ª, 2008, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 12-15.
75. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2009. La proteína y la “calidad” de un alimento. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (11ª, 2009, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 23-28.
76. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; ELIZALDE, J. C.; FRANCO, J. 2010. Evaluación de diferentes fuentes de nitrógeno no proteínico en sustitución de la proteína verdadera en dietas de feedlot con alta proporción de grano para terneros y novillos. Evaluación de la sustitución total de la Proteína verdadera por nitrógeno no proteínico en dietas de alta concentración energética; avances de resultados de la experimentación 2009. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (12ª, 2010, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 40-43.
77. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2011. Sistemas de alimentación para ganado de carne. Montevideo, Facultad de Agronomía. 13 p.
78. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; CAORSI, C. J.; MANASLISKI, E.; RODRÍGUEZ, F. 2013. Uso de autoconsumo en la alimentación a corral de terneros de destete precoz con raciones sin fibra larga. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (15ª., 2013, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 68-73.
79. SINDT, M. H.; STOCK, R. A.; KLOPFENSTEIN, T. J.; SHAIN, D. H. 1993. Effect of protein source and grain type on finishing calf performance and ruminal metabolism. (en línea). Journal of Animal Science. 71:1047-1056. Consultado 28 set. 2013. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/71/4/1047.full.pdf+html?sid=6089f6c2-b91d-427f-9ee6-df24e00fc3e6>

80. TAMMINGA, S. 1973. The influence of the protein source on the protein digestion in the ruminant. In: Nitrogen and amino acid metabolism in dairy cows. PhD. Thesis. Wageningen, Landbouwhogeschool te Wageningen. pp. 31-39.
81. \_\_\_\_\_. 1979. Protein degradation in the forestomachs of ruminants. In: Nitrogen and amino acid metabolism in dairy cows. PhD. Thesis. Wageningen, Landbouwhogeschool te Wageningen. pp. 5-20.
82. TIERI, M. P.; LA MANNA, A.; FERNÁNDEZ, E.; MIERES, J.; SCHRÖDER, F.; PÉREZ, E.; BALDI, F.; BANCHERO, G. 2011a. Efecto de diferentes niveles de proteína y sustitución de proteína verdadera por nitrógeno no proteínico (urea) en la performance y desarrollo de terneros cruza Hereford x Angus y su impacto posterior en la recría. (en línea). In: Jornada Técnica de La Estanzuela (2011, Durazno, UY). Herramientas y estrategias de alimentación para una invernada de precisión. Montevideo, INIA. pp. 23-26 (Actividades de Difusión no. 645). Consultado 6 jun. 2013. Disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=2249>
83. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2011b. Efecto de tres niveles de proteína y sustitución de proteína verdadera por nitrógeno no proteínico (urea) en la performance y desarrollo de terneros cruza Hereford x Angus en dietas isoenergéticas : ensayo en jaulas metabólicas. (en línea). In: Jornada Técnica de La Estanzuela (2011, Durazno, UY). Herramientas y estrategias de alimentación para una invernada de precisión. Montevideo, INIA. pp. 27-28 (Actividades de Difusión no. 645). Consultado 6 jun. 2013. Disponible en <http://www.inia.org.uy/online/site/publicacion-ver.php?id=2250>
84. TRENKLE, A. 1986. Regulation of protein synthesis in animals. (en línea). Journal of Animal Science. 1986: 80-91. Consultado 7 may. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/1986/Symposium/80.full.pdf+html>

85. URUGUAY. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. DIRECCIÓN NACIONAL DE METEOROLOGÍA. s.f. Estadísticas climatológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 12 dic. 2012. Disponible en <http://meteorologia.gub.uy/index.php/estadisticas-climaticas>
86. VITTORE, J. S.; LADO, M.; MUNILLA, M. E.; CALLEGARO, A.; OLIVERA, C. F.; BIOLATTO, A. 2013. Recría de terneros livianos con urea protegida y grano de maíz; informe. (en línea). Concepción, INTA. s.p. Consultado 3 jun. 2014. Disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/recria-de-terneros-livianos-con-urea-protegida-y-grano-de-maiz/>
87. WAGNER, J. J.; ENGLE, T. E.; BRYANT, T. C. 2010. The effect of rumen degradable and rumen un-degradable intake protein on feedlot performance and carcass merit in heavy-yearling steers. (en línea). Journal of Animal Science. 88 (3): 1073-1081. Consultado 27 set. 2013. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/88/3/1073.full?sid=3285ad21-f4ca-4e04-96e9-58bd6d31c969>
88. WHITELAW, F. G.; PRESTON, T. R. 1963. The nutrition of the early-weaned calf; III. Protein solubility and amino acid composition as factors affecting protein utilization. Animal Production. 5 (2): 131-145.
89. WOLFROM, G. W.; ASPLUND, M. 1979. Effect of aminoacid pattern and level in intravenously and infused sheep. (en línea). Journal of Animal Science. 49 (3): 752-763. Consultado 27 mar. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/49/3/752.full.pdf+html?sid=27e043bb-9595-48c2-94ab-8e27b1131e3f>
90. YOUNG, A. W.; BOLING, J. A.; BRADLEY, N. W. 1973. Performance and plasma amino acids of steers fed soybean meal, urea or no supplemental nitrogen in finishing rations. (en línea). Journal of Animal Science. 36(4):803-808. Consultado 5 jun. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/36/4/803>

91. YOUNG, V. R. 1974. Regulation of protein synthesis and skeletal muscle growth. (en línea). Journal of Animal Science. 38(5): 1054-1070. Consultado 13 may. 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/38/5/1054.full.pdf>
  
92. ZINN, R. A.; SHEN, Y. 1998. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves (en línea). Journal of Animal Science. 76 (5): 1280-1289. Consultado 25 mar. 2013. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/76/5/1280>

## 10. ANEXOS

### 10.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS DIETAS

Cuadro No. 12. Composición química de los componentes de las dietas

| Ingredientes          | %MS    | %PC     | PNDR<br>(%PC) | %FDN  | %FDA  | EM<br>(Mcal/kg) |
|-----------------------|--------|---------|---------------|-------|-------|-----------------|
| Ensilaje              | 27,2   | 8,2     | 27            | 49    | 34    | 2,16            |
| Concentrado           |        |         |               |       |       |                 |
| Urea                  | 100,00 | 286,00  | 0,00          | 0,00  | 0,00  | 0,00            |
| Urea lenta liberación | 100,00 | 246,00* | 0,00          | 0,00  | 0,00  | 0,00            |
| Harina de soja        | 89,00  | 40,50*  | 35,00         | 10,30 | 70,00 | 3,04            |
| Harina de pescado     | 90,00  | 50,60*  | 60,00         | 2,00  | 0,00  | 2,64            |
| Sorgo grano molido    | 90,00  | 8,57    | 57,00         | 16,10 | 6,38  | 2,96            |
| Maíz grano molido     | 90,00  | 9,80    | 55,00         | 10,80 | 3,30  | 3,25            |
| Afrechillo de trigo   | 89,45  | 14,50*  | 20,00         | 35,47 | 12,83 | 2,86            |
| Núcleo                | 100,00 |         |               |       |       |                 |
| Melaza                | 74,00  | 5,80    | 0,00          | 0,00  | 0,00  | 2,60            |

\*Según análisis de laboratorio.

Fuente: NRC (1996).

### 10.2 CÁLCULO DE REQUERIMIENTOS Y APORTES PROTEÍNICOS Y ENERGÉTICOS

#### 10.2.1. Requerimientos energéticos

Mantenimiento:

$$EM_m \left( \frac{MJ}{día} \right) = \frac{EN_{mb} + EN_{act}}{km}$$

$$EN_{mb} \left( \frac{MJ}{día} \right) = C1 * \left[ 0.53 \left( \frac{PV}{1.08} \right)^{0.67} \right]$$

C1=1,15 para toros; 1,0 para otras categorías

$$qm = \frac{EM}{EB}$$

$$ENact\left(\frac{MJ}{día}\right) = 0,0071 * PV$$

Ganancia de peso vivo:

$$EMg\left(\frac{MJ}{día}\right) = \frac{ENg}{kg}$$

$$ENg\left(\frac{MJ}{día}\right) = GMD\left(\frac{kg}{día}\right) * VE\left(\frac{MJ}{kg}\right)$$

$$VE\left(\frac{MJ}{kg}\right) = \frac{C2(4,1 + 0,0332PV - 0,000009PV^2)}{1 - C3 * 0,1475GMD}$$

$$C2 = 1 ; C3 = 1$$

$$kg = 0,78qm + 0,006$$

### 10.2.2. Requerimientos proteínicos

$$PM\left(\frac{g}{día}\right) = PMm + PMprod$$

Mantenimiento:

$$PMm = \frac{PNmb + d}{kmm}$$

$$kmm = 1$$

$$PNmb + d = 2,3(PV)^{0,75}$$

Ganancia:

$$PMprod\left(\frac{g}{día}\right) = PNg/kg$$

$$kng = 0,59$$

$$PNg = C6(168,07 - 0,16869PV + 0,0001633PV^2) * (1,12 - 0,1223GMD) * GMD$$

$$C6 = 1$$

### 10.2.3. Consumo de energía metabolizable

$$EMi = EM * CMS$$

### 10.2.4. Consumo de proteína metabolizable

$$PMi \left( \frac{g}{día} \right) = (MTPd + UDPd) * CMS$$

$$MTPd \left( \frac{g}{kgMS} \right) = (MCP) * 0,75 * 0,85$$

$$MCP \left( \frac{g}{kg} \right) = y * EMF$$

$$y \left( \frac{g}{MJ} \right) = 7,0 + 6,0 * (1 - e^{(-0,35L)})$$

$$L = \frac{EMi}{EMm}$$

$$ERDP \left( \frac{g}{kg} \right) = QDP * 0,8 + SDP$$

$$QDP \left( \frac{g}{kg} \right) = a * PC$$

$$SDP \left( \frac{g}{kg} \right) = [(b * c) / (c + r)] * PC$$

$$r = -0,024 + 0,179 * [1 - e^{(-0,278L)}]$$

$$UDP \left( \frac{g}{kg} \right) = PC - (QDP + SDP)$$

$$UDPd \left( \frac{g}{kg} \right) = 0,9 * (UDP - 6,25 * ADIN)$$

### 10.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS SAS

#### 10.3.1. Ganancia diaria

GANANCIAS DIARIAS

---

The Mixed Procedure

Model Information

|                           |                                  |
|---------------------------|----------------------------------|
| Data Set                  | WORK.PESOS3                      |
| Dependent Variable        | PV                               |
| Covariance Structure      | Autoregressive                   |
| Subject Effect            | CARAV                            |
| Estimation Method         | REML                             |
| Residual Variance Method  | Profile                          |
| Fixed Effects SE Method   | Prasad-Rao-Jeske-Kackar-Harville |
| Degrees of Freedom Method | Kenward-Roger                    |

Class Level Information

| Class | Levels | Values            |
|-------|--------|-------------------|
| CARAV | 9      | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 |
| TRAT  | 3      | 35 40 46          |

Dimensions

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Covariance Parameters | 2 |
| Columns in X          | 9 |
| Columns in Z          | 0 |
| Subjects              | 9 |
| Max Obs Per Subject   | 9 |

Number of Observations

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Number of Observations Read     | 81 |
| Number of Observations Used     | 81 |
| Number of Observations Not Used | 0  |

Iteration History

| Iteration | Evaluations | -2 Res Log Like | Criterion  |
|-----------|-------------|-----------------|------------|
| 0         | 1           | 382.12869905    |            |
| 1         | 2           | 361.91546798    | 0.00028705 |
| 2         | 1           | 361.88261786    | 0.00000011 |
| 3         | 1           | 361.88260506    | 0.00000000 |

Convergence criteria met.

Covariance Parameter Estimates

| Cov Parm | Subject | Estimate |
|----------|---------|----------|
| AR(1)    | CARAV   | 0.6200   |
| Residual |         | 7.4878   |

Fit Statistics

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| -2 Res Log Likelihood    | 361.9 |
| AIC (smaller is better)  | 365.9 |
| AICC (smaller is better) | 366.1 |
| BIC (smaller is better)  | 366.3 |

Null Model Likelihood Ratio Test

| DF | Chi-Square | Pr > ChiSq |
|----|------------|------------|
| 1  | 20.25      | <.0001     |

Type 3 Tests of Fixed Effects

| Effect    | Num<br>DF | Den<br>DF | F Value | Pr > F |
|-----------|-----------|-----------|---------|--------|
| TRAT      | 2         | 13.8      | 0.77    | 0.4817 |
| dias      | 1         | 20.2      | 2023.22 | <.0001 |
| dias*TRAT | 2         | 20.2      | 4.30    | 0.0277 |
| PVINI     | 1         | 7.04      | 23.73   | 0.0018 |

Estimates

| Label          | Estimate | Standard<br>Error | DF   | t value | Pr >  t |
|----------------|----------|-------------------|------|---------|---------|
| int UREA       | 87.1981  | 1.8819            | 14.7 | 46.34   | <.0001  |
| int HSOJA      | 84.7209  | 1.9224            | 14.1 | 44.07   | <.0001  |
| int HPESCADO   | 84.0100  | 1.9729            | 13.5 | 42.58   | <.0001  |
| pend UREA      | 0.8512   | 0.03611           | 20.2 | 23.57   | <.0001  |
| pend HSOJA     | 0.9790   | 0.03611           | 20.2 | 27.12   | <.0001  |
| pend HPESCADO  | 0.9828   | 0.03611           | 20.2 | 27.22   | <.0001  |
| UREA-HSOJA     | -0.1278  | 0.05106           | 20.2 | -2.50   | 0.0210  |
| UREA-HPESCADO  | -0.1316  | 0.05106           | 20.2 | -2.58   | 0.0179  |
| HSOJA-HPESCADO | -0.00372 | 0.05106           | 20.2 | -0.07   | 0.9426  |

Contrasts

| Label    | Num<br>DF | Den<br>DF | F Value | Pr > F |
|----------|-----------|-----------|---------|--------|
| PNDR LIN | 1         | 20.2      | 0.01    | 0.9426 |
| PNDR CUA | 1         | 20.2      | 8.60    | 0.0082 |

### 10.3.2. Consumo de materia seca

Consumo de racion\_ kg/ animal

-----  
 The MEANS Procedure

| Variable | N  | Mean        | Std Dev    | Minimum    | Maximum     |
|----------|----|-------------|------------|------------|-------------|
| SEMANA   | 90 | 5.5111111   | 2.8883510  | 1.0000000  | 10.0000000  |
| REP      | 90 | 5.0000000   | 2.5964539  | 1.0000000  | 9.0000000   |
| PVINI    | 90 | 102.5666667 | 6.6671255  | 90.0000000 | 111.0000000 |
| CMS_kg   | 90 | 3.0695556   | 0.3796862  | 2.4300000  | 3.9400000   |
| CMS_PP   | 90 | 2.6285556   | 0.2641014  | 2.4500000  | 3.3400000   |
| dias     | 90 | 34.4000000  | 21.9497895 | 1.0000000  | 69.0000000  |

Consumo de racion\_ kg/ animal

-----  
 The Mixed Procedure

Model Information

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Data Set                  | WORK.CONSU                             |
| Dependent Variable        | CMS_kg                                 |
| Covariance Structures     | Variance Components,<br>Autoregressive |
| Subject Effect            | REP(TRAT)                              |
| Estimation Method         | REML                                   |
| Residual Variance Method  | Profile                                |
| Fixed Effects SE Method   | Prasad-Rao-Jeske-<br>Kackar-Harville   |
| Degrees of Freedom Method | Kenward-Roger                          |

Class Level Information

| Class  | Levels | Values               |
|--------|--------|----------------------|
| SEMANA | 10     | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 |
| TRAT   | 3      | 35 40 46             |
| REP    | 9      | 1 2 3 4 5 6 7 8 9    |

Dimensions

|                       |    |
|-----------------------|----|
| Covariance Parameters | 3  |
| Columns in X          | 44 |
| Columns in Z          | 9  |
| Subjects              | 1  |
| Max obs Per Subject   | 90 |

### Number of Observations

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Number of Observations Read     | 90 |
| Number of Observations Used     | 90 |
| Number of Observations Not Used | 0  |

### Iteration History

| Iteration | Evaluations | -2 Res Log Like | Criterion  |
|-----------|-------------|-----------------|------------|
| 0         | 1           | -105.40123056   |            |
| 1         | 3           | -157.23146755   | 0.00018712 |
| 2         | 2           | -157.25229244   | 0.00000973 |
| 3         | 1           | -157.25363553   | 0.00000003 |
| 4         | 1           | -157.25363892   | 0.00000000 |

Convergence criteria met.

### Covariance Parameter Estimates

| Cov Parm  | Subject   | Estimate |
|-----------|-----------|----------|
| REP(TRAT) |           | 0.001866 |
| AR(1)     | REP(TRAT) | 0.6338   |
| Residual  |           | 0.003562 |

### Fit Statistics

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| -2 Res Log Likelihood    | -157.3 |
| AIC (smaller is better)  | -151.3 |
| AICC (smaller is better) | -150.8 |
| BIC (smaller is better)  | -150.7 |

### Type 3 Tests of Fixed Effects

| Effect      | Num<br>DF | Den<br>DF | F value | Pr > F |
|-------------|-----------|-----------|---------|--------|
| TRAT        | 2         | 6.12      | 3.46    | 0.0990 |
| SEMANA      | 9         | 37.1      | 205.27  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 18        | 36.7      | 1.29    | 0.2469 |

## Least Squares Means

| Effect      | TRAT | SEMANA | Estimate | Standard Error | DF   | t Value | Pr >  t |
|-------------|------|--------|----------|----------------|------|---------|---------|
| TRAT        | 35   |        | 3.0577   | 0.02961        | 6.11 | 103.26  | <.0001  |
| TRAT        | 40   |        | 3.1279   | 0.02964        | 6.13 | 105.54  | <.0001  |
| TRAT        | 46   |        | 3.0193   | 0.02961        | 6.11 | 101.97  | <.0001  |
| SEMANA      |      | 1      | 3.0016   | 0.02458        | 17.6 | 122.13  | <.0001  |
| SEMANA      |      | 2      | 3.0025   | 0.02458        | 17.6 | 122.17  | <.0001  |
| SEMANA      |      | 3      | 2.5617   | 0.02455        | 17.5 | 104.35  | <.0001  |
| SEMANA      |      | 4      | 2.6629   | 0.02446        | 17.4 | 108.85  | <.0001  |
| SEMANA      |      | 5      | 2.7751   | 0.02528        | 19   | 109.77  | <.0001  |
| SEMANA      |      | 6      | 2.9080   | 0.02427        | 17   | 119.80  | <.0001  |
| SEMANA      |      | 7      | 3.0927   | 0.02446        | 17.4 | 126.42  | <.0001  |
| SEMANA      |      | 8      | 3.3594   | 0.02455        | 17.5 | 136.84  | <.0001  |
| SEMANA      |      | 9      | 3.5764   | 0.02458        | 17.6 | 145.53  | <.0001  |
| SEMANA      |      | 10     | 3.7429   | 0.02458        | 17.6 | 152.29  | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 35   | 1      | 3.0000   | 0.04254        | 17.6 | 70.53   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 40   | 1      | 3.0047   | 0.04263        | 17.6 | 70.48   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 46   | 1      | 3.0000   | 0.04254        | 17.6 | 70.53   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 35   | 2      | 3.0000   | 0.04254        | 17.6 | 70.53   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 40   | 2      | 3.0075   | 0.04262        | 17.5 | 70.56   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 46   | 2      | 3.0000   | 0.04254        | 17.6 | 70.53   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 35   | 3      | 2.5800   | 0.04254        | 17.6 | 60.65   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 40   | 3      | 2.6218   | 0.04249        | 17.4 | 61.70   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 46   | 3      | 2.4833   | 0.04254        | 17.6 | 58.38   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 35   | 4      | 2.6733   | 0.04254        | 17.6 | 62.85   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 40   | 4      | 2.7419   | 0.04204        | 17   | 65.22   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 46   | 4      | 2.5733   | 0.04254        | 17.6 | 60.50   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 35   | 5      | 2.7967   | 0.04254        | 17.6 | 65.75   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 40   | 5      | 2.8419   | 0.04619        | 22   | 61.53   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 46   | 5      | 2.6867   | 0.04254        | 17.6 | 63.16   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 35   | 6      | 2.9200   | 0.04254        | 17.6 | 68.65   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 40   | 6      | 2.9540   | 0.04104        | 15.9 | 71.99   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 46   | 6      | 2.8500   | 0.04254        | 17.6 | 67.00   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 35   | 7      | 3.1033   | 0.04254        | 17.6 | 72.96   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 40   | 7      | 3.1614   | 0.04204        | 17   | 75.20   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 46   | 7      | 3.0133   | 0.04254        | 17.6 | 70.84   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 35   | 8      | 3.3267   | 0.04254        | 17.6 | 78.21   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 40   | 8      | 3.4282   | 0.04249        | 17.4 | 80.68   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 46   | 8      | 3.3233   | 0.04254        | 17.6 | 78.13   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 35   | 9      | 3.5233   | 0.04254        | 17.6 | 82.83   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 40   | 9      | 3.6792   | 0.04262        | 17.5 | 86.32   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 46   | 9      | 3.5267   | 0.04254        | 17.6 | 82.91   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 35   | 10     | 3.6533   | 0.04254        | 17.6 | 85.89   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 40   | 10     | 3.8386   | 0.04263        | 17.6 | 90.04   | <.0001  |
| SEMANA*TRAT | 46   | 10     | 3.7367   | 0.04254        | 17.6 | 87.85   | <.0001  |
| TRAT        | 35   |        | 3.0577   | 0.02961        | 6.11 | 103.26  | <.0001  |
| TRAT        | 40   |        | 3.1279   | 0.02964        | 6.13 | 105.54  | <.0001  |
| TRAT        | 46   |        | 3.0193   | 0.02961        | 6.11 | 101.97  | <.0001  |

|             |    |    |        |         |      |        |        |
|-------------|----|----|--------|---------|------|--------|--------|
| SEMANA      |    | 1  | 3.0016 | 0.02458 | 17.6 | 122.13 | <.0001 |
| SEMANA      |    | 2  | 3.0025 | 0.02458 | 17.6 | 122.17 | <.0001 |
| SEMANA      |    | 3  | 2.5617 | 0.02455 | 17.5 | 104.35 | <.0001 |
| SEMANA      |    | 4  | 2.6629 | 0.02446 | 17.4 | 108.85 | <.0001 |
| SEMANA      |    | 5  | 2.7751 | 0.02528 | 19   | 109.77 | <.0001 |
| SEMANA      |    | 6  | 2.9080 | 0.02427 | 17   | 119.80 | <.0001 |
| SEMANA      |    | 7  | 3.0927 | 0.02446 | 17.4 | 126.42 | <.0001 |
| SEMANA      |    | 8  | 3.3594 | 0.02455 | 17.5 | 136.84 | <.0001 |
| SEMANA      |    | 9  | 3.5764 | 0.02458 | 17.6 | 145.53 | <.0001 |
| SEMANA      |    | 10 | 3.7429 | 0.02458 | 17.6 | 152.29 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 1  | 3.0000 | 0.04254 | 17.6 | 70.53  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 1  | 3.0047 | 0.04263 | 17.6 | 70.48  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 1  | 3.0000 | 0.04254 | 17.6 | 70.53  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 2  | 3.0000 | 0.04254 | 17.6 | 70.53  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 2  | 3.0075 | 0.04262 | 17.5 | 70.56  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 2  | 3.0000 | 0.04254 | 17.6 | 70.53  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 3  | 2.5800 | 0.04254 | 17.6 | 60.65  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 3  | 2.6218 | 0.04249 | 17.4 | 61.70  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 3  | 2.4833 | 0.04254 | 17.6 | 58.38  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 4  | 2.6733 | 0.04254 | 17.6 | 62.85  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 4  | 2.7419 | 0.04204 | 17   | 65.22  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 4  | 2.5733 | 0.04254 | 17.6 | 60.50  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 5  | 2.7967 | 0.04254 | 17.6 | 65.75  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 5  | 2.8419 | 0.04619 | 22   | 61.53  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 5  | 2.6867 | 0.04254 | 17.6 | 63.16  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 6  | 2.9200 | 0.04254 | 17.6 | 68.65  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 6  | 2.9540 | 0.04104 | 15.9 | 71.99  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 6  | 2.8500 | 0.04254 | 17.6 | 67.00  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 7  | 3.1033 | 0.04254 | 17.6 | 72.96  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 7  | 3.1614 | 0.04204 | 17   | 75.20  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 7  | 3.0133 | 0.04254 | 17.6 | 70.84  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 8  | 3.3267 | 0.04254 | 17.6 | 78.21  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 8  | 3.4282 | 0.04249 | 17.4 | 80.68  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 8  | 3.3233 | 0.04254 | 17.6 | 78.13  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 9  | 3.5233 | 0.04254 | 17.6 | 82.83  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 9  | 3.6792 | 0.04262 | 17.5 | 86.32  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 9  | 3.5267 | 0.04254 | 17.6 | 82.91  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 10 | 3.6533 | 0.04254 | 17.6 | 85.89  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 10 | 3.8386 | 0.04263 | 17.6 | 90.04  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 10 | 3.7367 | 0.04254 | 17.6 | 87.85  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 1  | 3.0000 | 0.04254 | 17.6 | 70.53  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 1  | 3.0047 | 0.04263 | 17.6 | 70.48  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 1  | 3.0000 | 0.04254 | 17.6 | 70.53  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 2  | 3.0000 | 0.04254 | 17.6 | 70.53  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 2  | 3.0075 | 0.04262 | 17.5 | 70.56  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 2  | 3.0000 | 0.04254 | 17.6 | 70.53  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 3  | 2.5800 | 0.04254 | 17.6 | 60.65  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 3  | 2.6218 | 0.04249 | 17.4 | 61.70  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 3  | 2.4833 | 0.04254 | 17.6 | 58.38  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 4  | 2.6733 | 0.04254 | 17.6 | 62.85  | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 4  | 2.7419 | 0.04204 | 17   | 65.22  | <.0001 |

|             |    |    |        |         |      |       |        |
|-------------|----|----|--------|---------|------|-------|--------|
| SEMANA*TRAT | 46 | 4  | 2.5733 | 0.04254 | 17.6 | 60.50 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 5  | 2.7967 | 0.04254 | 17.6 | 65.75 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 5  | 2.8419 | 0.04619 | 22   | 61.53 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 5  | 2.6867 | 0.04254 | 17.6 | 63.16 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 6  | 2.9200 | 0.04254 | 17.6 | 68.65 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 6  | 2.9540 | 0.04104 | 15.9 | 71.99 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 6  | 2.8500 | 0.04254 | 17.6 | 67.00 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 7  | 3.1033 | 0.04254 | 17.6 | 72.96 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 7  | 3.1614 | 0.04204 | 17   | 75.20 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 7  | 3.0133 | 0.04254 | 17.6 | 70.84 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 8  | 3.3267 | 0.04254 | 17.6 | 78.21 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 8  | 3.4282 | 0.04249 | 17.4 | 80.68 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 8  | 3.3233 | 0.04254 | 17.6 | 78.13 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 9  | 3.5233 | 0.04254 | 17.6 | 82.83 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 9  | 3.6792 | 0.04262 | 17.5 | 86.32 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 9  | 3.5267 | 0.04254 | 17.6 | 82.91 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 35 | 10 | 3.6533 | 0.04254 | 17.6 | 85.89 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 40 | 10 | 3.8386 | 0.04263 | 17.6 | 90.04 | <.0001 |
| SEMANA*TRAT | 46 | 10 | 3.7367 | 0.04254 | 17.6 | 87.85 | <.0001 |

Tests of Effect Slices

| Effect      | SEMANA | Num DF | Den DF | F Value | Pr > F |
|-------------|--------|--------|--------|---------|--------|
| SEMANA*TRAT | 1      | 2      | 17.6   | 0.00    | 0.9959 |
| SEMANA*TRAT | 2      | 2      | 17.6   | 0.01    | 0.9898 |
| SEMANA*TRAT | 3      | 2      | 17.5   | 2.79    | 0.0888 |
| SEMANA*TRAT | 4      | 2      | 17.4   | 4.01    | 0.0369 |
| SEMANA*TRAT | 5      | 2      | 19     | 3.33    | 0.0578 |
| SEMANA*TRAT | 6      | 2      | 17     | 1.60    | 0.2313 |
| SEMANA*TRAT | 7      | 2      | 17.4   | 3.11    | 0.0701 |
| SEMANA*TRAT | 8      | 2      | 17.5   | 1.97    | 0.1694 |
| SEMANA*TRAT | 9      | 2      | 17.6   | 4.37    | 0.0288 |
| SEMANA*TRAT | 10     | 2      | 17.6   | 4.75    | 0.0225 |

Consumo de racion\_ kg/ animal

----- Effect=SEMANA\*TRAT Method=' ' Set= -----

| Obs | SEMANA | TRAT | Estimate | Standard Error | Letter Group |
|-----|--------|------|----------|----------------|--------------|
| 1   | 9      | 40   | 11.0388  | 0.1286         |              |
| 2   | 9      | 35   | 10.5667  | 0.1283         |              |

| ----- Effect=TRAT Method=Tukey-Kramer (P<0.05) Set=1 ----- |        |      |          |                |              |  |
|--|--------|------|----------|----------------|--------------|--|
| Obs  | SEMANA | TRAT | Estimate | Standard Error | Letter Group |  |
| 3  | —      | 40   | 9.3791   | 0.09031        | A            |  |
| 4  | —      | 35   | 9.1700   | 0.09023        | A            |  |
| 5  | —      | 46   | 9.0573   | 0.09023        | A            |  |

| ----- Effect=SEMANA Method=Tukey-Kramer (P<0.05) Set=2 ----- |        |      |          |                |              |  |
|--|--------|------|----------|----------------|--------------|--|
| Obs  | SEMANA | TRAT | Estimate | Standard Error | Letter Group |  |
| 6  | 10     |      | 11.2278  | 0.07414        | A            |  |
| 7  | 9      |      | 10.7307  | 0.07414        | B            |  |
| 8  | 8      |      | 10.0787  | 0.07407        | C            |  |
| 9  | 7      |      | 9.2740   | 0.07382        | D            |  |
| 10   | 2      |      | 8.9971   | 0.07414        | DE           |  |
| 11   | 1      |      | 8.9944   | 0.07414        | DE           |  |
| 12   | 6      |      | 8.7264   | 0.07324        | E            |  |
| 13   | 5      |      | 8.3205   | 0.07626        | F            |  |
| 14   | 4      |      | 7.9860   | 0.07382        | G            |  |
| 15   | 3      |      | 7.6858   | 0.07407        | H            |  |

| ----- Effect=SEMANA*TRAT Method=Tukey-Kramer (P<0.05) Set=3 ----- |        |      |          |                |              |  |
|---|--------|------|----------|----------------|--------------|--|
| Obs   | SEMANA | TRAT | Estimate | Standard Error | Letter Group |  |
| 16  | 1      | 40   | 9.0032   | 0.1286         | A            |  |
| 17  | 1      | 35   | 8.9900   | 0.1283         | A            |  |
| 18  | 1      | 46   | 8.9900   | 0.1283         | A            |  |

| ----- Effect=SEMANA*TRAT Method=Tukey-Kramer (P<0.05) Set=4 ----- |        |      |          |                |              |  |
|---|--------|------|----------|----------------|--------------|--|
| Obs   | SEMANA | TRAT | Estimate | Standard Error | Letter Group |  |
| 19  | 2      | 40   | 9.0112   | 0.1286         | A            |  |
| 20  | 2      | 35   | 8.9900   | 0.1283         | A            |  |
| 21  | 2      | 46   | 8.9900   | 0.1283         | A            |  |

| ----- Effect=SEMANA*TRAT Method=Tukey-Kramer (P<0.05) Set=5 ----- |        |      |          |                |              |  |
|---|--------|------|----------|----------------|--------------|--|
| Obs   | SEMANA | TRAT | Estimate | Standard Error | Letter Group |  |
| 22  | 3      | 40   | 7.8673   | 0.1282         | A            |  |
| 23  | 3      | 35   | 7.7367   | 0.1283         | A            |  |
| 24  | 3      | 46   | 7.4533   | 0.1283         | A            |  |

| ----- Effect=SEMANA*TRAT Method=Tukey-Kramer (P<0.05) Set=6 ----- |        |      |          |                |              |  |
|---|--------|------|----------|----------------|--------------|--|
| Obs   | SEMANA | TRAT | Estimate | Standard Error | Letter Group |  |
| 25  | 4      | 40   | 8.2245   | 0.1269         | A            |  |
| 26  | 4      | 35   | 8.0167   | 0.1283         | A            |  |
| 27  | 4      | 46   | 7.7167   | 0.1283         | A            |  |

| ----- Effect=SEMANA*TRAT Method=Tukey-Kramer (P<0.05) Set=7 ----- |        |      |          |                |              |  |
|---|--------|------|----------|----------------|--------------|--|
| Obs   | SEMANA | TRAT | Estimate | Standard Error | Letter Group |  |
| 28  | 5      | 40   | 8.5116   | 0.1393         | A            |  |
| 29  | 5      | 35   | 8.3867   | 0.1283         | A            |  |
| 30  | 5      | 46   | 8.0633   | 0.1283         | A            |  |

| ----- Effect=SEMANA*TRAT Method=Tukey-Kramer (P<0.05) Set=8 ----- |        |      |          |                |              |  |
|---|--------|------|----------|----------------|--------------|--|
| Obs   | SEMANA | TRAT | Estimate | Standard Error | Letter Group |  |
| 31  | 6      | 40   | 8.8592   | 0.1238         | A            |  |
| 32  | 6      | 35   | 8.7633   | 0.1283         | A            |  |
| 33  | 6      | 46   | 8.5567   | 0.1283         | A            |  |

| ----- Effect=SEMANA*TRAT Method=Tukey-Kramer (P<0.05) Set=9 ----- |        |      |          |                |              |  |
|---|--------|------|----------|----------------|--------------|--|
| Obs   | SEMANA | TRAT | Estimate | Standard Error | Letter Group |  |
| 34  | 7      | 40   | 9.4755   | 0.1269         | A            |  |
| 35  | 7      | 35   | 9.3067   | 0.1283         | A            |  |
| 36  | 7      | 46   | 9.0400   | 0.1283         | A            |  |

| ----- Effect=SEMANA*TRAT Method=Tukey-Kramer (P<0.05) Set=10 ----- |        |      |          |                |              |  |
|--|--------|------|----------|----------------|--------------|--|
| Obs  | SEMANA | TRAT | Estimate | Standard Error | Letter Group |  |
| 37   | 8      | 40   | 10.2860  | 0.1282         | A            |  |
| 38   | 8      | 35   | 9.9800   | 0.1283         | A            |  |
| 39   | 8      | 46   | 9.9700   | 0.1283         | A            |  |

### 10.3.3. Eficiencia de conversión

GANANCIAS DIARIAS

The MEANS Procedure

| Variable | N | Mean        | Std Dev   | Minimum     | Maximum     |
|----------|---|-------------|-----------|-------------|-------------|
| REP      | 9 | 5.0000000   | 2.7386128 | 1.0000000   | 9.0000000   |
| TRAT     | 9 | 2.0000000   | 0.8660254 | 1.0000000   | 3.0000000   |
| PVINI    | 9 | 102.3222222 | 3.7572522 | 97.2000000  | 107.3000000 |
| PVFINAL  | 9 | 158.1666667 | 5.3310412 | 148.7000000 | 168.0000000 |
| GMD      | 9 | 0.9484444   | 0.0756259 | 0.8310000   | 1.0380000   |
| AOB      | 9 | 29.4111111  | 2.0931104 | 26.5000000  | 32.6000000  |
| EGS      | 9 | 3.5111111   | 0.7590198 | 2.5000000   | 5.1000000   |
| ALT      | 9 | 96.3888889  | 2.1635876 | 94.3000000  | 101.3000000 |
| PV_ALT   | 9 | 1.6566667   | 0.0529150 | 1.6100000   | 1.7900000   |
| CMS      | 9 | 3.0277778   | 0.0931099 | 2.9100000   | 3.1800000   |
| EC       | 9 | 3.3166667   | 0.3300000 | 2.9200000   | 3.9200000   |

09:57 Saturday, July 18, 2011 121

09:57 Saturday, July 18, 2011 127

EFICIENCIA DE CONVERSION

The GLM Procedure

Class Level Information

| Class | Levels | Values |
|-------|--------|--------|
| TRAT  | 3      | 1 2 3  |

The GLM Procedure

Dependent Variable: EC

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 3  | 0.58654265     | 0.19551422  | 3.43    | 0.1087 |
| Error           | 5  | 0.28465735     | 0.05693147  |         |        |
| Corrected Total | 8  | 0.87120000     |             |         |        |

R-Square      Coeff Var      Root MSE      EC Mean  
 0.673258      7.194065      0.238603      3.316667

| Source | DF | Type III SS | Mean Square | F Value | Pr > F |
|--------|----|-------------|-------------|---------|--------|
| TRAT   | 2  | 0.53979677  | 0.26989839  | 4.74    | 0.0700 |
| PVINI  | 1  | 0.00007599  | 0.00007599  | 0.00    | 0.9723 |

| Parameter | Estimate      | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|-----------|---------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | 2.984786632 B | 2.88322227     | 1.04    | 0.3480  |
| TRAT 1    | 0.579092284 B | 0.22678304     | 2.55    | 0.0510  |
| TRAT 2    | 0.091082618 B | 0.24762242     | 0.37    | 0.7281  |
| TRAT 3    | 0.000000000 B | .              | .       | .       |
| PVINI     | 0.001060262   | 0.02902179     | 0.04    | 0.9723  |

NOTE: The X'X matrix has been found to be singular, and a generalized inverse was used to solve the normal equations. Terms whose estimates are followed by the letter 'B' are not uniquely estimable.

09:57 Saturday, July 18, 2011 129

GANANCIAS DIARIAS

The GLM Procedure  
 Least Squares Means

| TRAT | EC LSMEAN  | LSMEAN Number |
|------|------------|---------------|
| 1    | 3.67236732 | 1             |
| 2    | 3.18435765 | 2             |
| 3    | 3.09327503 | 3             |

Least Squares Means for effect TRAT  
 Pr > |t| for H0: LSmean(i)=LSmean(j)

| Dependent Variable: EC |        |        |        |
|------------------------|--------|--------|--------|
| i/j                    | 1      | 2      | 3      |
| 1                      |        | 0.0571 | 0.0510 |
| 2                      | 0.0571 |        | 0.7281 |
| 3                      | 0.0510 | 0.7281 |        |

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

Dependent Variable: EC

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 2  | 0.50785771     | 0.25392886  | 4.19    | 0.0725 |
| Error           | 6  | 0.36334229     | 0.06055705  |         |        |
| Corrected Total | 8  | 0.87120000     |             |         |        |

| R-Square | Coeff Var | Root MSE | EC Mean  |
|----------|-----------|----------|----------|
| 0.582940 | 7.419601  | 0.246083 | 3.316667 |

| Source | DF | Type III SS | Mean Square | F Value | Pr > F |
|--------|----|-------------|-------------|---------|--------|
| TRAT   | 1  | 0.46111183  | 0.46111183  | 7.61    | 0.0329 |
| PVINI  | 1  | 0.01925936  | 0.01925936  | 0.32    | 0.5932 |

| Parameter | Estimate     | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|-----------|--------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | 7.161570570  | 3.19901058     | 2.24    | 0.0665  |
| TRAT      | -0.057489692 | 0.02083383     | -2.76   | 0.0329  |
| PVINI     | -0.014915167 | 0.02644780     | -0.56   | 0.5932  |

### 10.3.4. Composición de la ganancia

```

Area ojo de bife
-----
The GLM Procedure
Class Level Information
Class          Levels  values
TRAT           3      1 2 3
  
```

```

The GLM Procedure

Dependent Variable: AOB

Source          DF          Sum of Squares    Mean Square    F Value    Pr > F
Model           3          7.94923667         2.64974556     0.49     0.7050
Error           5          27.09965222         5.41993044
Corrected Total 8          35.04888889

R-Square      Coeff Var    Root MSE     AOB Mean
0.226804      7.915629    2.328074     29.41111

Source          DF      Type IV SS    Mean Square    F Value    Pr > F
TRAT            2      7.49939665     3.74969833     0.69     0.5429
PVINI           1      0.00034778     0.00034778     0.00     0.9939

Parameter      Estimate      Standard Error    t Value    Pr > |t|
Intercept      28.38097361 B    30.94377086      0.92     0.4011
TRAT 1         2.23600860 B     1.92998017      1.16     0.2990
TRAT 2         1.60650981 B     2.06729461      0.78     0.4722
TRAT 3         0.00000000 B     .              .         .
PVINI          -0.00267526     0.33397081     -0.01     0.9939
  
```

NOTE: The X'X matrix has been found to be singular, and a generalized inverse was used to solve the normal equations. Terms whose estimates are followed by the letter 'B' are not uniquely estimable.

AOB

The GLM Procedure  
Least Squares Means

| TRAT | AOB LSMEAN | LSMEAN Number |
|------|------------|---------------|
| 1    | 30.3662802 | 1             |
| 2    | 29.7367815 | 2             |
| 3    | 28.1302716 | 3             |

Least Squares Means for effect TRAT  
Pr > |t| for H0: LSmean(i)=LSmean(j)

Dependent variable: AOB

| i/j | 1      | 2      | 3      |
|-----|--------|--------|--------|
| 1   |        | 0.7611 | 0.2990 |
| 2   | 0.7611 |        | 0.4722 |
| 3   | 0.2990 | 0.4722 |        |

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

09:57 Saturday, July 18, 2011 108

ESPESOR DE GRASA SUBCUTANEA

The GLM Procedure

Class Level Information

| Class | Levels | Values |
|-------|--------|--------|
| TRAT  | 3      | 1 2 3  |

The GLM Procedure

Dependent variable: EGS

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 3  | 0.64527888     | 0.21509296  | 0.27    | 0.8440 |
| Error           | 5  | 3.96361001     | 0.79272200  |         |        |
| Corrected Total | 8  | 4.60888889     |             |         |        |

| R-Square | Coeff Var | Root MSE | EGS Mean |
|----------|-----------|----------|----------|
| 0.140007 | 25.35805  | 0.890349 | 3.511111 |

| Source | DF | Type IV SS | Mean Square | F Value | Pr > F |
|--------|----|------------|-------------|---------|--------|
| TRAT   | 2  | 0.37986795 | 0.18993398  | 0.24    | 0.7955 |
| PVINI  | 1  | 0.44305666 | 0.44305666  | 0.56    | 0.4883 |

| Parameter | Estimate       | Standard Error | t value | Pr >  t |
|-----------|----------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | -5.338853066 B | 11.83414363    | -0.45   | 0.6708  |
| TRAT 1    | 0.104513651 B  | 0.73810211     | 0.14    | 0.8929  |
| TRAT 2    | -0.399016783 B | 0.79061668     | -0.50   | 0.6352  |
| TRAT 3    | 0.000000000 B  | .              | .       | .       |
| PVINI     | 0.095486349    | 0.12772388     | 0.75    | 0.4883  |

NOTE: The X'X matrix has been found to be singular, and a generalized inverse was used to solve the normal equations. Terms whose estimates are followed by the letter 'B' are not uniquely estimable.

EGS

The GLM Procedure  
Least Squares Means

| TRAT | EGS LSMEAN | LSMEAN Number |
|------|------------|---------------|
| 1    | 3.71379247 | 1             |
| 2    | 3.21026204 | 2             |
| 3    | 3.60927882 | 3             |

Least Squares Means for effect TRAT  
Pr > |t| for H0: LSmean(i)=LSmean(j)

| Dependent variable: EGS |        |        |        |
|-------------------------|--------|--------|--------|
| i/j                     | 1      | 2      | 3      |
| 1                       |        | 0.5316 | 0.8929 |
| 2                       | 0.5316 |        | 0.6352 |
| 3                       | 0.8929 | 0.6352 |        |

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

ALTURA

The GLM Procedure

Class Level Information

| Class | Levels | Values |
|-------|--------|--------|
| TRAT  | 3      | 1 2 3  |

The GLM Procedure

Dependent Variable: ALT

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 3  | 20.42574648    | 6.80858216  | 2.00    | 0.2327 |
| Error           | 5  | 17.02314241    | 3.40462848  |         |        |
| Corrected Total | 8  | 37.44888889    |             |         |        |

| R-Square | Coeff Var | Root MSE | ALT Mean |
|----------|-----------|----------|----------|
| 0.545430 | 1.914291  | 1.845164 | 96.38889 |

| Source | DF | Type IV SS | Mean Square | F Value | Pr > F |
|--------|----|------------|-------------|---------|--------|
| TRAT   | 2  | 5.83618574 | 2.91809287  | 0.86    | 0.4786 |
| PVINI  | 1  | 7.01019093 | 7.01019093  | 2.06    | 0.2108 |

| Parameter | Estimate      | Standard Error | t Value | Pr >  t |
|-----------|---------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | 60.17476334 B | 24.52512581    | 2.45    | 0.0577  |
| TRAT 1    | 0.02018109 B  | 1.52964572     | 0.01    | 0.9900  |
| TRAT 2    | 1.84244066 B  | 1.63847711     | 1.12    | 0.3119  |
| TRAT 3    | 0.00000000 B  | .              | .       | .       |
| PVINI     | 0.37981891    | 0.26469548     | 1.43    | 0.2108  |

NOTE: The X'X matrix has been found to be singular, and a generalized inverse was used to solve the normal equations. Terms whose estimates are followed by the letter 'B' are not uniquely estimable.

-----  
 ALTURA

The GLM Procedure  
 Least Squares Means

| TRAT | ALT LSMEAN | LSMEAN Number |
|------|------------|---------------|
| 1    | 95.7881961 | 1             |
| 2    | 97.6104556 | 2             |
| 3    | 95.7680150 | 3             |

Least Squares Means for effect TRAT  
 Pr > |t| for H0: LSmean(i)=LSmean(j)

Dependent Variable: ALT

| i/j | 1      | 2      | 3      |
|-----|--------|--------|--------|
| 1   |        | 0.2937 | 0.9900 |
| 2   | 0.2937 |        | 0.3119 |
| 3   | 0.9900 | 0.3119 |        |

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.

09:57 Saturday, July 18, 2011 114

-----  
 RELACION PESO VIVO/ ALTURA

The GLM Procedure

Class Level Information

| Class | Levels | Values |
|-------|--------|--------|
| TRAT  | 3      | 1 2 3  |

The GLM Procedure

Dependent Variable: PV\_ALT

| Source          | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F |
|-----------------|----|----------------|-------------|---------|--------|
| Model           | 3  | 0.00708285     | 0.00236095  | 0.77    | 0.5580 |
| Error           | 5  | 0.01531715     | 0.00306343  |         |        |
| Corrected Total | 8  | 0.02240000     |             |         |        |

| R-Square | Coeff Var | Root MSE | PV_ALT Mean |
|----------|-----------|----------|-------------|
| 0.316198 | 3.340942  | 0.055348 | 1.656667    |

| Source | DF | Type IV SS | Mean Square | F Value | Pr > F |
|--------|----|------------|-------------|---------|--------|
| TRAT   | 2  | 0.00239188 | 0.00119594  | 0.39    | 0.6958 |
| PVINI  | 1  | 0.00528285 | 0.00528285  | 1.72    | 0.2461 |

| Parameter | Estimate      | Standard Error | t value | Pr >  t |
|-----------|---------------|----------------|---------|---------|
| Intercept | 2.611828783 B | 0.73566554     | 3.55    | 0.0164  |
| TRAT 1    | 0.040426670 B | 0.04588387     | 0.88    | 0.4186  |
| TRAT 2    | 0.025371564 B | 0.04914842     | 0.52    | 0.6277  |
| TRAT 3    | 0.000000000 B | .              | .       | .       |
| PVINI     | -0.010426670  | 0.00793991     | -1.31   | 0.2461  |

NOTE: The X'X matrix has been found to be singular, and a generalized inverse was used to solve the normal equations. Terms whose estimates are followed by the letter 'B' are not uniquely estimable.

PV\_ALT

The GLM Procedure  
Least Squares Means

| TRAT | PV_ALT<br>LSMEAN | LSMEAN<br>Number |
|------|------------------|------------------|
| 1    | 1.67516059       | 1                |
| 2    | 1.66010549       | 2                |
| 3    | 1.63473392       | 3                |

Least Squares Means for effect TRAT  
Pr > |t| for H0: LSmean(i)=LSmean(j)

Dependent variable: PV\_ALT

| i/j | 1      | 2      | 3      |
|-----|--------|--------|--------|
| 1   |        | 0.7597 | 0.4186 |
| 2   | 0.7597 |        | 0.6277 |
| 3   | 0.4186 | 0.6277 |        |

NOTE: To ensure overall protection level, only probabilities associated with pre-planned comparisons should be used.