

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE LA FUENTE PROTEICA EN DIETAS CONCENTRADAS  
PARA NOVILLOS Y TERNEROS ALIMENTADOS A CORRAL**

**por**

**Diego BERAZA  
Mathías Eduardo EICHIN  
Juan Andrés GALLO  
Rolf SCHNEEBERGER**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2010**

Tesis aprobada por

Director:

.....  
Ing. Agr.

Álvaro Simeone

.....  
Ing. Agr.

Virginia Beretta

.....  
Med. Vet.

Juan Franco

Fecha:

.....  
Autor:

.....  
Diego Beraza

.....  
Mathías Eduardo Eichin

.....  
Juan Andrés Gallo

.....  
Rolf Schneeberger

## AGRADECIMIENTOS

A Alltech Inc. por el financiamiento del experimento.

A los directores de tesis a cargo:

Ing. Agr. Virginia Beretta  
Ing. Agr. Álvaro Simeone  
Med. Vet. Juan Franco.

A los Ingenieros Agrónomos Gustavo Viera y Diego Cortazzo por su ayuda y coordinación durante la fase experimental.

Al Dr. Oscar Feed y a FRICASA por la colaboración de la obtención de ciertas mediciones.

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

Al establecimiento San Ramón y sus funcionarios por facilitarnos sus instalaciones y maquinaria para el procesamiento de los materiales.

A Oscar Bentancur por el asesoramiento en el análisis estadístico.

A todos nuestros compañeros, por su apoyo constante y su gran ayuda durante la fase experimental.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1. INTRODUCCIÓN .....	3
2.2. EVOLUCIÓN DEL USO DE NNP EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES .....	3
2.3. IMPORTANCIA Y REQUERIMIENTO DE PROTEÍNA .....	6
2.4. METABOLISMO DE LAS PROTEÍNAS .....	9
2.4.1. <u>Sistema de proteína metabolizable</u> .....	9
2.4.2. <u>Fermentación proteica ruminal y síntesis de proteína                 microbiana</u> .....	11
2.4.3. <u>Energía fermentable en rumen y síntesis de proteína                 microbiana</u> .....	12
2.5. APORTE PROTEICO DE LA DIETA .....	14
2.5.1. <u>Proteína verdadera</u> .....	15
2.5.1.1. Sorgo .....	17
2.5.1.2. Expeler de girasol.....	18
2.5.2. <u>Nitrógeno no proteico como fuente de proteína</u> .....	20
2.5.2.1. NNP de rápida liberación en rumen (urea) .....	21
- Toxicidad de la urea.....	22
2.5.2.2. NNP de lenta liberación en rumen (Optigen).....	23
2.5.2.3. Requerimientos de azufre.....	25
2.6. SUSTITUCIÓN DE LA PROTEÍNA VERDADERA SUPLEMENTARIA POR NITRÓGENO NO PROTEICO EN DIETAS DE CONFINAMIENTO.....	26
2.7. HIPÓTESIS.....	32
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	33
3.1. LOCALIZACIÓN .....	33
3.2. PERIODO EXPERIMENTAL.....	33
3.3. CLIMA .....	33
3.4. ANIMALES .....	33
3.5. INFRAESTRUCTURA .....	34

3.6. ALIMENTOS.....	34
3.7. TRATAMIENTOS.....	35
3.8. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL .....	37
3.8.1. <u>Periodo de acostumbramiento</u> .....	37
3.8.2. <u>Periodo experimental de aplicación de los tratamientos</u> .....	38
3.8.3. <u>Faena</u> .....	38
3.9. MANEJO SANITARIO .....	38
3.10. DETERMINACIONES.....	39
3.10.1. <u>Registros climáticos</u> .....	39
3.10.2. <u>Peso vivo</u> .....	39
3.10.3. <u>Consumo</u> .....	39
3.10.4. <u>Comportamiento</u> .....	39
3.10.5. <u>Pre faena y post faena</u> .....	40
3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	41
4. <u>RESULTADOS</u> .....	44
4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS .....	44
4.2. PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA.....	44
4.3. CONSUMO.....	46
4.4. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN .....	49
4.5. COMPORTAMIENTO ANIMAL .....	50
4.6. CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE .....	54
5. <u>DISCUSIÓN</u> .....	56
5.1. REGISTROS CLIMÁTICOS .....	56
5.2. PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA.....	56
5.3. CONSUMO.....	59
5.4. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN .....	61
5.4.1. <u>Efecto de la categoría sobre la eficiencia de conversión</u> .....	62
5.4.2. <u>Efecto de la sustitución de la proteína verdadera por NNP de rápida liberación</u> .....	64
5.4.3. <u>Efecto de la sustitución de la proteína verdadera por NNP de lenta liberación</u> .....	65
5.5. COMPORTAMIENTO ANIMAL.....	67
5.6. CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE .....	70
5.6.1. <u>Peso vivo final y peso pre faena</u> .....	71
5.6.2. <u>Peso de canal caliente y rendimiento</u> .....	71
5.6.3. <u>Espesor de grasa subcutánea</u> .....	72
5.6.4. <u>pH de la carne</u> .....	73
5.6.5. <u>Color de la carne</u> .....	74
5.6.6. <u>Color de la grasa</u> .....	75

5.7. DISCUSIÓN GENERAL.....	76
6. <u>CONCLUSIONES</u> .....	78
7. <u>RESUMEN</u> .....	79
8. <u>SUMMARY</u> .....	80
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	81
10. <u>ANEXOS</u> .....	94

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Valor nutritivo del grano de sorgo .....	18
2. Valor nutritivo del expeler de girasol.....	19
3. Efecto de la sustitución de una fuente proteica de origen vegetal por NNP, tanto de rápida liberación como de lenta liberación, sobre la performance de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento .....	28
4. Efecto de diferentes niveles de inclusión de NNP en la performance de novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento...	29
5. Efecto de diferentes niveles de inclusión de NNP en características ruminales de novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.....	30
6. Descripción de los tratamientos .....	35
7. Composición de las dietas ofrecidas según la fuente de proteína aportada en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento, como porcentaje de la materia seca y como gramos/animal.día. ....	36
8. Composición química de las dietas ofrecidas según la fuente de proteína aportada en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento .....	36
9. Composición del núcleo vitamínico y mineral (Zoodry), aportado a terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.....	37
10. Precipitaciones y temperaturas medias mensuales para el departamento de Paysandú, durante el periodo experimental (24/6/2009 al 18/9/2009) .....	44
11. Efecto de la fuente proteica sobre la ganancia media diaria (Kg/animal.día) de novillos y terneros consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento (18/7/2009 al 18/9/2009) .....	44

12. Efecto de la fuente proteica sobre el consumo de la MS total (CMST), de concentrado (CMSC), y de voluminoso (CMSV), en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento (18/7/2009 al 18/9/2009), como Kg de MS/animal.día y como porcentaje del peso vivo.....	48
13. Efecto de la fuente proteica sobre la eficiencia de conversión (Kg de alimento consumido/Kg de ganancia media diaria) de novillos y terneros consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento...	49
14. Efecto de la fuente proteica sobre el porcentaje de ocurrencia de consumo de MS, rumia, descanso y consumo de agua, durante las horas de luz (7 a 19 horas), en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento .....	50
15. Efecto de la fuente proteica sobre el tiempo (minutos/animal.día) destinado al consumo de MS, rumia, descanso y consumo de agua, durante las horas de luz (7 a 19 horas), en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.....	51
16. Efecto de la fuente proteica sobre la tasa de consumo (Kg alimento/minuto) en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento .....	54
17. Efecto de la fuente proteica sobre características de la canal y de la carne en novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.....	54

#### Figura No.

1. Esquema del sistema de Proteína Metabolizable (modelo 1 del NRC 2000), indicando las distintas fracciones en las diferentes secciones del tracto gastrointestinal del bovino .....	10
2. Distribución de los tratamientos y unidades experimentales en el espacio.....	34
3. Esquema de colorimetría, indicando luminosidad, índice de amarillo e índice de rojo.....	41
4. Relación entre consumo de materia seca y ganancia media diaria .....	63

## Gráfica No.

1. Requerimientos de proteína bruta como g/100 g de alimento, según peso vivo (Kg) y ganancia media diaria (Kg/día) .....	8
2. Efecto de la cantidad de proteína bruta de la ración en la concentración de nitrógeno como amoníaco en el rumen (mq/100mL) y en la producción de proteína microbiana (% del máximo).....	20
3. Efecto de diferentes fuentes proteicas (Optigen, harina de soja y urea), sobre la tasa de liberación de nitrógeno en rumen, medida como el porcentaje de desaparición de nitrógeno en función de las horas de incubación en rumen .....	24
4. Efecto de la fuente proteica sobre la evolución del peso vivo (Kg) de novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento...	45
5. Efecto de la fuente proteica sobre la evolución del peso vivo (Kg) de terneros consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento...	45
6. Efecto de la fuente proteica sobre la evolución del peso vivo (Kg) promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento .....	46
7. Efecto de la fuente proteica sobre el consumo medio diario de MS total (Kg/animal.día), de voluminoso y de concentrado, en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento...	48
8. Efecto de la fuente proteica sobre el consumo medio diario de MS total (Kg/100 Kg de peso vivo), de voluminoso y de concentrado, en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.....	49
9. Porcentaje de ocurrencia de consumo de MS, rumia, descanso y consumo de agua, durante las horas de luz (7 a 19 horas), en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento...	51
10. Efecto de la fuente proteica sobre el porcentaje de ocurrencia de consumo de MS, rumia, descanso y consumo de agua promedio de terneros y novillos, durante las horas de luz (7 a 19 horas), consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.....	51

11. Efecto de la fuente proteica sobre el porcentaje del tiempo destinado al consumo de MS, promedio de terneros y novillos, durante las horas de luz (7 a 19 horas), consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.....	52
12. Efecto de la fuente proteica sobre el porcentaje del tiempo destinado al consumo de MS en terneros, durante las horas de luz (7 a 19 horas), consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.....	53
13. Efecto de la fuente proteica sobre el porcentaje del tiempo destinado al consumo de MS en novillos, durante las horas de luz (7 a 19 horas), consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.....	53
14. Actividad de consumo de novillos en confinamiento en la localidad de Arizona, Estados Unidos .....	69
15. Evolución horaria del porcentaje del tiempo dedicado al consumo de MS en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento .....	69

## **1. INTRODUCCIÓN**

El sector ganadero constituye en el país uno de los sectores fundamentales de la economía uruguaya, donde las exportaciones de carne vacuna han manifestado un aumento casi continuo en los volúmenes y precios durante los últimos 20 años, al igual que ha sucedido con las toneladas de peso carcasa, las que se han más que duplicado.

La fuerte expansión agrícola que se ha venido desarrollando a nivel nacional durante los últimos años, fundamentalmente a partir de fines de la década del 90, asociada a un aumento de los precios de los cereales y las oleaginosas, ha ocasionado una reducción en el área pastoril y un desplazamiento de la ganadería hacia aquellas zonas marginales y de peor aptitud. En este escenario el engorde a corral comienza a crecer como una estrategia de manejo de la invernada que posibilita mantener la carga media del sistema y una buena performance animal, capitalizando además la eventual ventaja de transformar parte del grano producido en carne.

En este contexto productivo, la utilización de dietas altamente concentradas, con inclusión de forraje entre un 15 y un 20% de la materia seca de la dieta resulta atractivo, no solo como forma de superar la menor disponibilidad de forraje sino como forma de superar las limitantes operativas que supone el hecho de manejar grandes volúmenes de forraje en sistemas con falta de equipamiento de distribución, picado y mezclado del material.

En este tipo de dieta, el suplemento proteico comúnmente es de origen vegetal, como por ejemplo el expeler de girasol u otras harinas de alta concentración de proteínas. Sin embargo, al existir una demanda cada vez más creciente de dichos componentes y al aumentar su precio en el mercado, la búsqueda de nuevas alternativas se hace necesaria.

El nitrógeno no proteico (NNP), como por ejemplo la urea, permite contribuir a satisfacer las demandas proteicas del animal a partir de su captación por los microorganismos del rumen y su transformación en proteína microbiana que luego es utilizada por el animal. Sin embargo, su elevada tasa de degradación en rumen determina que, potencialmente, puede darse una baja eficiencia de utilización del N si ocurre un desfase entre la rápida fermentación del suplemento proteico y la más lenta liberación de la energía fermentable en rumen. Como consecuencia de ello, el amoníaco excedente es absorbido a través de las paredes del rumen, quedando inaccesible para los microorganismos y su potencial síntesis de proteína microbiana.

El surgimiento en el mercado de nuevas fuentes de NNP pero de lenta liberación, y por tanto de menor tasa de fermentación que la urea, posibilitaría un uso más eficiente de N, lo cual permitiría considerarlo como una fuente de N alternativa a los suplementos proteicos de origen vegetal.

Estas fuentes de NNP de lenta liberación han sido evaluadas en sustitución parcial o total del aporte de la proteína degradable en rumen, con buenos resultados. Sin embargo, en dietas altamente concentradas, donde el grano, frecuentemente sorgo, constituye en torno al 70% de la dieta, podría ser viable la sustitución total del suplemento proteico de origen vegetal por NNP. Nuestra hipótesis es que, a pesar del bajo contenido proteico del grano (8% de proteína cruda en el caso del sorgo), el alto consumo diario del mismo y la menor degradabilidad ruminal de su PC, contribuirían a suministrar suficiente energía para un uso más eficiente del NNP y elevada síntesis de proteína microbiana, la cual junto con la proteína no degradable en rumen derivada del grano, serían suficientes para cubrir la demanda diaria de proteína metabolizable.

Adicionalmente, un efecto sinérgico podría obtenerse al mezclar fuentes de NNP de diferentes tasas de liberación, actuando positivamente sobre la eficiencia microbiana, pues con urea se aprovecharía la fracción de carbohidratos más rápidamente fermentables, y con el NNP de menor tasa de liberación aquellos lentamente fermentables.

La variación en las exigencias en proteína metabolizable asociadas a la etapa de crecimiento animal podrían determinar una diferente respuesta frente a cambios en la fuente proteica utilizada, por lo que la posibilidad de sustituir totalmente al suplemento proteico de origen vegetal por NNP, podría variar dependiendo de la categoría animal (novillos en terminación vs. terneros). Obtener información acerca de la respuesta animal frente a la sustitución de la proteína verdadera por diferentes fuentes no proteicas contribuiría al desarrollo de nuevas alternativas de manejo de la fuente proteica en dietas altamente concentradas en vacunos.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la sustitución total de la proteína verdadera por NNP de diferentes tasas de liberación en rumen en dietas altamente concentradas en energía sobre la performance de vacunos de diferentes categorías alimentados en condiciones de confinamiento. Se analizaron los efectos sobre la ganancia diaria de peso vivo y la eficiencia de conversión del alimento, caracterizando el patrón de consumo y el comportamiento animal en el corral y su relación con la eficiencia de uso de los alimentos.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. INTRODUCCIÓN**

La presente revisión bibliográfica tuvo por objetivo revisar los antecedentes referidos a la viabilidad de inclusión de las distintas fuentes de proteína en dietas de encierre a corral altamente concentradas utilizadas en la alimentación de vacunos, tanto para la recría como en la terminación.

En tal sentido, se realiza primero una reseña histórica relativa al uso de diferentes fuentes de NNP en la alimentación del ganado vacuno, seguido de la revisión de aspectos relativos al metabolismo proteico del animal con el objetivo de entender e interpretar la respuesta al manejo de la nutrición proteica.

Para finalizar se presenta una recopilación de antecedentes directos evaluando la inclusión de NNP y Optigen en dietas para vacunos manejados en régimen de confinamiento.

### **2.2. EVOLUCIÓN DEL USO DE NNP EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES**

En sistemas ganaderos a pasto sobre campo natural, se ha identificado el consumo de energía como la principal limitante de la producción de carne vacuna, superando las limitantes con la intensificación de los sistemas de recría y engorde en base a pasturas sembradas y verdes, a pesar de los bajos niveles de proteína en determinadas épocas del año (Simeone y Beretta, 2009). Por el contrario, indican que, cuando la alimentación se realiza en condiciones de corral o feedlot, con dietas altamente concentradas a base de granos, se incluye una fuente de proteína para satisfacer las necesidades diarias del animal. Tradicionalmente la misma proviene de fuentes de origen vegetal, más el aporte de nitrógeno no proteico, fundamentalmente la urea, como fuente de N rápidamente disponible en rumen.

De acuerdo a FAO (1968), la urea fue descubierta en 1773 por Rouelle, y en 1828 se sintetizó por primera vez a partir de cianamato de amonio por un alemán, Wohler. En 1880, Weiske et al., en Alemania demostraron que la adición de asparigina a una ración aumentaba la retención de nitrógeno, y 11 años más tarde, Zuntz sugiere que la microflora ruminal es capaz de digerir celulosa y convertir NNP en proteína microbiana.

De 1904 a 1925, Morgen encuentra que la urea es capaz de sustituir entre un 30 y un 50% de la proteína verdadera en vacunos y ovinos (FAO, 1968).

Durante la primera guerra mundial, la falta de proteínas de origen vegetal, junto con una investigación más profunda sobre la urea, promueven su mayor incorporación en raciones para rumiantes en Alemania. Ello se estudió con mayor detalle por Krebs en 1937. Sin embargo, no todos los estudios dieron favorables (FAO, 1968).

Más tarde, comienzan estudios en Inglaterra y en Estados Unidos, donde llegan a determinar con certeza que la proteína vegetal puede ser sustituida en parte por NNP. Bartlett y Cotton, en 1938 en Inglaterra, concluyen que la incorporación de urea en animales en crecimiento provoca crecimientos satisfactorios (Briggs et al., 1947). Un año más tarde, Hart et al., citados por FAO (1968), sustituyeron la proteína vegetal por urea y bicarbonato de amonio en animales en crecimiento, llegando a que el rendimiento en proteína en el tejido muscular no difería del tratamiento testigo. Por su parte, Reid en 1953 logra determinar los mismos resultados en cuanto a composición tisular con el aporte de urea.

Del mismo modo, FAO (1968) cita experimentos realizados por Work y Henke (1939), Archibald (1943), Owen et al. (1943), y Rupel et al. (1943), en los que demostraron en vacas lecheras que puede sustituirse la proteína vegetal por urea, con similar producción de leche.

Durante la segunda guerra mundial, en la década de 1940, hubo una gran escasez de alimentos proteicos de origen vegetal, imprescindible para la alimentación del ganado, lo que generó una nueva expansión en el uso de la urea como sustituto tanto en bovinos como en ovinos. Sin embargo, su adaptación se vio enlentecida a causa de la muerte de algunos animales como consecuencia de la toxicidad con la urea por falta de conocimiento, por inadecuada mezcla en la formulación de la ración y por una ingesta excesiva. A pesar de ello, para los principios de los 50 ya se había aceptado a la urea como un ingrediente en la ración de los animales, ya que investigaciones demostraron la seguridad y gran viabilidad de su uso (FAO, 1968).

Más cerca en el tiempo, Hodges, citado por FAO (1968), establece que la capacidad industrial a nivel mundial para la producción de urea en 1959 se estimaba en 1,91 millones de toneladas, incrementándose posteriormente a 4,82 millones para 1963, y alcanzando los 9 millones 3 años más tarde.

De la producción mundial de 1959, tres cuartas partes de la capacidad se encontraba en Estados Unidos y Japón, mientras que gran parte del resto se hallaba en el oeste de Europa. Para 1970, ya se calculaba que más del 50% de la producción se encontraba en sitios diferentes a los mencionados anteriormente.

Al presentar los rumiantes microorganismos capaces de sintetizar proteína a partir de amoníaco proveniente de fuentes no proteicas, la urea adquirió mayor preponderancia, a pesar de sus diversos inconvenientes asociados a su rápida degradación ruminal y consecuente liberación de amoníaco. Ello llevó a Reid (1953) a señalar la necesidad de investigar sobre una liberación más lenta del nitrógeno a modo de lograr una mayor eficiencia en el aprovechamiento del mismo. Por ello, durante décadas se investigaron distintos productos y tratamientos que permitieran enlentecer su degradabilidad ruminal, pero sin resultados favorables.

Dehy-100 (Conrad y Hibbs, 1968) y Starea (Helmer et al., 1970), fueron productos investigados como alternativa del uso de urea sola. El primero consiste en una mezcla de urea con alfalfa deshidratada, con un aporte de 16% de nitrógeno, mientras que el segundo es una mezcla de urea pero con almidón gelatinizado, con 23% de proteína cruda.

A comienzos de la década de 1970, Fannesbeck et al. (1975), indican sobre la utilización de un nuevo producto, el biuret, caracterizado por su lenta degradabilidad y falta de toxicidad, lo que le confiere la posibilidad de mayores inclusiones en la dieta (Boza et al., 1981). Sin embargo, su promoción no adquirió gran expansión ya que requería de periodos de adaptación relativamente largos.

Actualmente, se comercializan productos de liberación lenta, buscando suplantar las fuentes tradicionales de origen vegetal y sin los inconvenientes de la urea. Al evitar sus complicaciones, se abren nuevas posibilidades para la inclusión de urea en las dietas de los rumiantes.

A pesar de la gran ventaja de su utilización en rumiantes, en la actualidad la gran mayoría de la urea producida se utiliza como fertilizante más que como suplemento animal.

Hoy en día es difícil en términos económicamente factibles incorporar proteínas de baja degradabilidad ruminal, expresa Pordomingo (2005). El recurso más común en el pasado lo fue la harina de carne. Al presente, el uso de harina de carne, de hueso y otras de origen bovino está prohibido debido al riesgo de transferencia de enfermedades como la Encefalopatía Espongiforme Bovina (vaca loca).

No obstante, el abanico de posibilidades se extiende aún más. Otros recursos son las proteínas vegetales tratadas con calor o agentes químicos, para reducir su solubilidad y en consecuencia su fermentación ruminal, tal como soja tostada o soja tratada con formaldehído. El problema radica en que éstos recursos son caros y de escasa relevancia (Spears et al., 1980).

### 2.3. IMPORTANCIA Y REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNA

Las proteínas constituyen, luego del agua, el componente más importante en el organismo animal, tanto por su participación cuantitativa como por las funciones que desempeñan (Church, 1993).

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

Las proteínas, además de ser necesarias para mantener los procesos biológicos, lo son para reposición de tejidos y sangre y para la formación de tejido muscular, siendo el principal compuesto orgánico de los órganos y tejidos blandos, cuyas funciones generales son estructurales, de motilidad y de protección (Kolb, 1976).

Por tal motivo, aclara que son vitales para el correcto funcionamiento del organismo animal y requieren de su consumo, ya que su deficiencia acarrea diversos y variados trastornos.

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

Según Church (1993), los rumiantes gozan de la capacidad única de subsistir y producir sin disponer de una fuente de proteína dietética debido a la síntesis de proteína microbiana en el interior del rumen, y son capaces de crecer, reproducirse y producir a base de dietas conteniendo únicamente NNP como fuente de nitrógeno.

Coincidentemente a lo señalado, Huntigton (1997), indica que son capaces de convertir NNP y/o proteínas de baja calidad en proteína microbiana de buena calidad.

En cuanto a requerimientos, la información y experimentos más importantes recabados, expresan la oferta proteica de las distintas dietas en proteína bruta. La razón podría deberse a lo expresado por Mac Loughlin (2007), quien considera que la proteína metabolizable es la proteína total absorbida. Ello hace referencia a la eficiencia en que es utilizada la proteína aportada por el alimento. Al contener dichos experimentos antecedentes de uso de nitrógeno no proteico y que su eficiencia de uso depende de varios factores, ocasiona que puedan existir distintos valores de absorción de proteína. Por este motivo sería también conveniente expresar los requerimientos de esta forma.

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

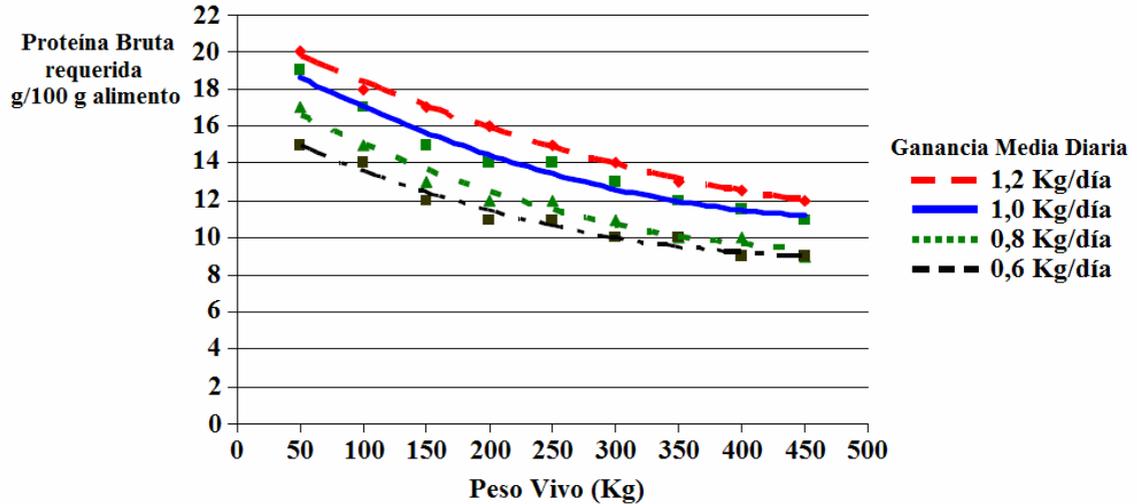
Pordomingo (2005), resalta que los requerimientos de proteína bruta dependen también de la metabolicidad de la proteína, donde entra en juego la calidad de la misma.

Establece que para los animales, el requerimiento de proteína bruta decrece con el incremento de la edad, del peso animal y de la ganancia diaria (Gráfica 1).

Respecto a la edad de los animales, menciona que terneros al destete tienen un requerimiento de entre 14% y 16% de proteína bruta, y novillos de más de 400 kilogramos entre 11% y 13%.

En cuanto al peso de los animales y al nivel de engorde, Pordomingo (2005) indica que los requerimientos de proteína bruta decrecen a medida que aumenta el peso vivo del animal, pero variando según la ganancia diaria de peso, aumentando los requerimientos a medida que aumenta la ganancia, debido, por un lado, al efecto del mantenimiento de toda la masa corporal, pudiendo destinar menor cantidad de energía consumida al crecimiento y deposición de grasa, y por otro, por la composición de la ganancia, siendo de menor proporción de músculo, hueso y agua que de grasa. Se deduce por tal motivo que la categoría de novillos, en términos de requerimientos cuantitativos de proteína bruta, es más exigente, aunque porcentualmente son menores.

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



Fuente: Pordomingo (2005).

Según Sainz et al. (1995), los requerimientos pueden variar según la historia de alimentación previa a la entrada al corral, ya que si los animales experimentaran crecimiento compensatorio, los requerimientos de proteína se pueden elevar 1 o hasta 2 puntos porcentuales (por ejemplo, de 14 a 16 % en terneros y de 12 a 14 % en novillos).

Pordomingo (2005), menciona que si la calidad de la proteína es baja y una fracción alta de la misma (superior al 35%) proviene de una fuente nitrogenada no proteica, los requerimientos de proteína bruta se incrementan para alcanzar los mínimos de metabolizable.

Orskov (1988), expresa que el genotipo y el sexo dan distintos requerimientos proteicos. En cuanto al genotipo, el ritmo de deposición de proteína corporal en razas livianas y pesadas es diferente, habiendo más requerimientos de proteína en las razas pesadas.

En cuanto al sexo, manteniéndose una misma raza y ganancia de peso, enuncia que las hembras deponen más grasa y menos proteína. Según el ARC, citado por Orskov (1988), los machos castrados contienen 10% más proteína en los aumentos de peso que las hembras, y a su vez los machos enteros 10% más que los castrados.

En ciertos casos en los animales en crecimiento o en terminación el aporte de proteína bacteriana no alcanza para cubrir sus requerimientos, por lo que debe agregarse una fuente exógena de nitrógeno (Kilkenny y Leaver, citados por Garriz y López, 2002). A su vez, los terneros son una categoría de alto requerimiento de proteína y de menor

eficiencia de utilización del nitrógeno. Por ello, alcanzar la máxima eficiencia conlleva poner cantidades suficientes de NNP para un adecuado desarrollo bacteriano, y cubrir el resto de los requerimientos proteicos con proteína by pass (Veira et al., 1980).

En ésta situación, el suministro de altos niveles de granos de cereales puede provocar deficiencias proteicas que resentirán la ganancia de peso de los animales si no recibiesen la adición de algún suplemento proteico de baja degradabilidad ruminal. Distinto es el caso de los animales adultos en terminación, donde dietas altas en granos, a pesar de que los niveles de proteína son bajos si se trata de maíz o sorgo, 7 a 9% (Pordomingo, 2005), permitirán altas performances ya que la proteína de la dieta base a la que se agrega la proteína bacteriana satisficará los requerimientos animales (Giraudó, 2006).

## **2.4. METABOLISMO DE LAS PROTEÍNAS**

### **2.4.1. Sistema de proteína metabolizable**

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

El sistema antiguo basado en proteína bruta (PB), asume que todos los alimentos tienen similar grado de degradación ruminal, y a su vez que todas las dietas tienen igual eficiencia de conversión de PB a PM.

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

Por otro lado, la fracción PND pasa sin modificaciones por el rumen, y al llegar al intestino se absorbe como PM, asumiendo una digestibilidad del 80% (PM proveniente de la PND =  $PND * 0,80$ ) (Mac Loughlin, 2007).

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

La Figura 1 indica el sistema de proteína metabolizable establecido por el NRC (2000).

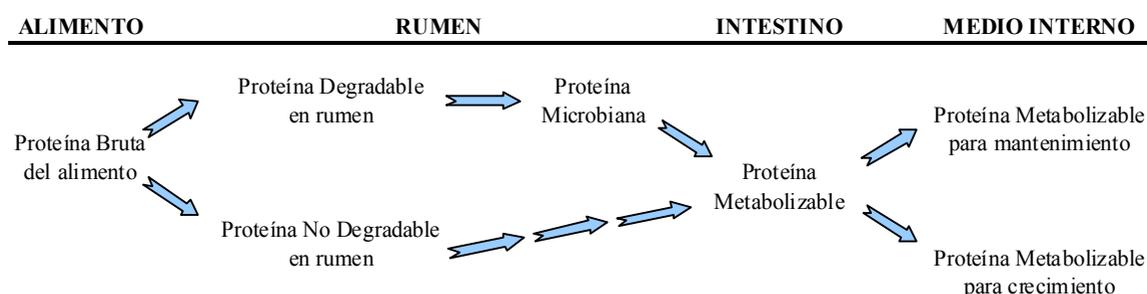


Figura 1: Esquema del sistema de proteína metabolizable (modelo 1 del NRC 2000), indicando las distintas fracciones en las diferentes secciones del tracto gastrointestinal del bovino.

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

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

Burroughs, citado por Mac Loughlin (2007), propuso una eficiencia del 13% del TDN ingeridos para la síntesis de PMo (13 gramos de PMo por cada 100 gramos de TDN). Este valor no contempla todas las situaciones ya que en raciones de muy alta o baja digestibilidad la eficiencia es menor. Las raciones de muy alta digestibilidad están compuestas mayoritariamente por concentrados energéticos, lo que reduce el pH ruminal y el turnover bacteriano, produciendo una disminución de la eficiencia de conversión de la proteína y la energía a PMo. A su vez en raciones de baja digestibilidad, la síntesis de PMo también es menor, principalmente por una reducción de la tasa de pasaje ruminal lo que conduce a un mayor gasto energético para el mantenimiento microbiano y una menor eficiencia en la síntesis de PMo.

Como ya se comentó anteriormente las necesidades de nitrógeno para los tejidos son cubiertas por los aminoácidos absorbidos en el intestino delgado que surgen

de la proteína no degradada a nivel ruminal y de la proteína sintetizada a partir de los microorganismos del rumen. De esta manera es de suma importancia que haya una adecuada síntesis de proteína microbiana a nivel ruminal y dentro de esto uno de los principales factores que afecta es la sincronía entre la degradación de los carbohidratos y la disponibilidad de proteína en rumen.

#### **2.4.2. Fermentación proteica ruminal y síntesis de proteína microbiana**

Las proteínas son vulnerables a la fermentación dentro del organismo animal, pudiendo reducirse para proveer energía a los microorganismos. Estos son capaces de sintetizar todos los aminoácidos, inclusive los esenciales, por lo que les brinda la capacidad innata de independencia de la calidad de proteínas consumidas. Por tal motivo, los animales pueden sobrevivir tanto en base al consumo de proteínas verdaderas como de NNP (Nava y Díaz, 2001).

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

Mediante el proceso de desaminación se obtiene el amoníaco, principal compuesto nitrogenado que utilizan los microorganismos para la síntesis de aminoácidos, proteínas y demás componentes de las células microbianas como los componentes nitrogenados de la pared celular y ácidos nucleicos. Si bien el amoníaco constituye la principal fuente de nitrógeno para los microorganismos, existen especies de bacterias que obtienen un alto porcentaje (20 a 50%) de su nitrógeno total a partir de péptidos y aminoácidos (Nava y Díaz, 2001). Es por este motivo que, Garriz y López (2002), establecen que se daría una mayor síntesis de proteína microbiana y una mayor eficiencia en el uso del nitrógeno cuando las dietas con alto contenido de NNP son suplementadas con proteína verdadera. Estos autores indican también que el aporte de NNP genera un exceso de amoníaco libre en el rumen, superando la capacidad de utilización de los microorganismos, por lo que pasa a la sangre y es conducido al hígado donde forma urea, siendo reciclada mediante la saliva o eliminada a través de la orina.

Por el otro lado, el esqueleto carbonado de los aminoácidos puede entrar en la vía de los ácidos grasos volátiles (AGV), dando lugar a la producción de acético, propiónico o butírico, y sino isoácidos o AGV de cadena ramificada, utilizados éstos últimos como factores de crecimiento por las bacterias (Garriz y Lopez, 2002).

Sin embargo, no toda la proteína es degradable en rumen, sino que por lo general, cierta parte pasa al intestino sin ser modificada (proteína by pass). Junto a ella pasa la proteína microbiana a través del omaso y abomaso hacia el intestino en donde son digeridas por la acción de las enzimas pepsina, tripsina, quimiotripsina, carboxipeptidasa y aminopeptidasa en forma similar a la digestión proteica de los monogástricos.

### **2.4.3. Energía fermentable en rumen y síntesis de proteína microbiana**

Los rumiantes se caracterizan por ser individuos capaces de utilizar carbohidratos fibrosos como la celulosa y la hemicelulosa como fuente de energía gracias a la microflora ruminal. A su vez, estimulan la rumia, aumentan el flujo de saliva hacia el rumen y estimulan las contracciones ruminales, mencionan Nava y Díaz (2001).

A medida que los carbohidratos entran en el rumen, son hidrolizados por enzimas extracelulares de origen bacteriano. En el caso de alimentos fibrosos, las bacterias se unen a las partículas vegetales y la acción de las enzimas bacterianas libera glucosa y oligosacáridos hacia el rumen, siendo aprovechados por los microorganismos (Haresing, 1988).

Según Nava y Díaz (2001), la celulosa, hemicelulosa y las pectinas son degradadas mediante enzimas celulasas, hemicelulasas y pectinas aportadas por las bacterias, mientras que la lignina no es capaz de digerirse, ni por parte de las enzimas animales como de la de los microorganismos, por lo que son eliminadas por las heces.

Expresan también que, una vez dentro de los microorganismos los carbohidratos, se incorporan a la vía glicolítica en el citoplasma, a partir de la cual se obtiene NADH+H, piruvato y ATP, representando la principal fuente de energía para el mantenimiento y crecimiento de los microbios.

La digestión fermentativa en el rumen se da en un sistema altamente anaeróbico y reductor, donde el piruvato se reduce al captar los electrones del NADH+H y da origen a los llamados ácidos grasos volátiles, acético, propiónico y butírico. Del mismo modo, el dióxido de carbono se reduce y produce metano (Capote, 1972).

Los AGV sintetizados representan más del 70% de la energía necesaria del rumiante, enuncia Haresing (1988). Si bien son utilizados por los microorganismos para la formación de aminoácidos y ácidos grasos que son posteriormente incorporados al metabolismo bacteriano, en su mayor parte son absorbidos y pasan a la sangre. Parte difunde a través del epitelio del rumen y retículo y el restante es absorbido en el omaso, siendo transportados por la vena porta hacia el hígado.

El acetato y el propionato, al ser absorbidos, no sufren un grado de transformación como si sucede con el butirato, quien se transforma en  $\beta$ -hidroxibutirato, señalan Nava y Díaz (2001). Los destinos de cada uno de ellos son:

- el acetato se oxida para dar origen a ATP y funciona como principal fuente de Acetil-CoA para la síntesis de lípidos.
- el propionato funciona como sustrato gluconeogénico, de suma importancia ya que el rumiante casi no absorbe glucosa en el intestino delgado.
- el butirato, transformado en  $\beta$ -hidroxibutirato, es oxidado en muchos tejidos para la formación de energía.

Las moléculas de glucosa generadas a partir del propionato mediante la gluconeogénesis constituyen la principal fuente de energía altamente disponible para sostener las necesidades fisiológicas de mantenimiento y reproducción.

Finalmente, los disacáridos y almidones que escapan a la fermentación ruminal, pasan al intestino delgado y son digeridos por enzimas pancreáticas e intestinales, tal cual sucede en los monogástricos.

En aquellas situaciones en las cuales la dieta es rica en alimentos fibrosos (60 a 100% de fibra y alto en celulosa), la fermentación se encuentra regulada por la actividad de microorganismos “digestores de la fibra”. Resulta en periodos prolongados de rumia, entre 45 y 70 minutos por kg de MS, producción de saliva abundante, aproximadamente 12 a 14 litros por kg de MS, pH ruminal entorno a 6,2 y 6,8, favorable para la digestión de la celulosa, y en una elevada producción de acetato. La concentración y la velocidad de absorción de AGV es relativamente baja, donde la capacidad de los animales para utilizarlos supera la síntesis (Nava y Díaz, 1988).

Por el contrario, indican que en una dieta rica en concentrados (más del 60% en granos de cereales), proliferan aquellos microorganismos amilolíticos, con alta especificidad de sustrato y alta velocidad de multiplicación, lo que resulta en una alta velocidad de fermentación. Ocasiona periodos cortos de rumia, entre 35 y 45 minutos por kg de MS, producción de saliva relativamente baja, de 10 a 12 litros por kg de MS, un pH ruminal en torno a 5,4 y 6,0, favoreciendo la digestión del almidón, y una elevada producción de propiónico. En éste caso, la concentración y velocidad de absorción de los AGV es alta.

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

El crecimiento microbiano depende del aporte de nutrientes y de la velocidad con la cual se eliminan los microorganismos del rumen. En situaciones de un buen balance entre las proteínas y carbohidratos, se favorece la síntesis de proteínas y por lo tanto el crecimiento microbiano. Existe elevada fermentación de glucosa con el fin de cubrir las altas demandas energéticas ligadas a un rápido crecimiento microbiano y baja producción de amoníaco ya que la mayor parte del nitrógeno se encuentra incorporado a la proteína microbiana (Nava y Díaz, 2001).

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

En casos de exceso de carbohidratos existe una gran cantidad de energía pero insuficiente nitrógeno para sostener una adecuada síntesis proteica, por lo tanto el crecimiento microbiano no es el óptimo. A la vez, aumenta considerablemente la síntesis de AGV lo que provoca una acidificación del rumen, acompañado de una gran producción de gases como metano y dióxido de carbono, eliminados por el eructo (Di Marco y Aello, 2002a).

Situación contraria, con una dieta muy rica en proteína, hay suficiente nitrógeno para sostener el crecimiento, pero estará limitado por la falta de energía, indican Nava y Díaz (2001). Ello provoca que los microorganismos utilicen a los aminoácidos como fuente de energía y no para la síntesis de proteínas. Se genera un exceso de  $\text{NH}_3$  en el rumen y se produce una gran cantidad de urea en el hígado, con su consecuente eliminación a través de la orina, lo que disminuye la eficiencia del proceso.

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

## **2.5. APORTE PROTEICO DE LA DIETA**

Pordomingo (2005), establece que en las dietas de engorde a corral es común la utilización de granos de sorgo y maíz, los que presentan un bajo contenido de proteína (normalmente entre 7 y 9%), pero que igualmente constituyen el aporte más importante de proteína en términos totales. Es necesario por lo tanto la inclusión de una fuente de proteína de manera de cubrir los requerimientos animales.

Es común que se utilicen fuentes de origen vegetal, básicamente subproductos de la industria del aceite, como lo son la harina de girasol y la de soja, con contenidos de proteína de alrededor de 32 y 46% respectivamente (Pordomingo, 2005). Por el contrario, menos usual son situaciones en las que la única fuente proteica de la dieta proviene de nitrógeno no proteico, pues generalmente constituyen un complemento de otras fuentes y como aporte de proteína degradable en rumen, dependiendo de su tasa de liberación de nitrógeno en rumen para la utilización por microorganismos.

El aporte de proteína bruta dependería del producto utilizado, pero representando valores de 287,5 gramos de proteína cruda cada 100 gramos para el caso de la urea (Kolb, citado por Garriz y López, 2002), y 256 gramos de proteína cruda cada 100 gramos para el caso del Optigen (Alltech Inc., citado por Beretta<sup>1</sup>).

De las dos fuentes mencionadas, el nitrógeno no proteico tiene una alta dependencia de la energía para lograr su máxima eficiencia de uso, en contraste a las fuentes de proteína vegetal (Kolb, 1976).

### **2.5.1. Proteína verdadera**

A diferencia de las fuentes de nitrógeno no proteico, la proteína vegetal tiene la ventaja de que aporta una buena cantidad de proteína no degradable en rumen, la que es absorbida en el intestino. Marcondes et al. (2009) establece que, en el expeler de girasol por ejemplo, la cantidad de proteína no degradable en rumen depende de la tasa de pasaje de la misma, variando entre 2, 5 y 8% para valores de 16,2, 20,2 y 23,1% de proteína total digestible pasante respectivamente.

Dicha proteína de sobrepaso es muy importante, ya que en animales en confinamiento, donde la ganancia diaria es elevada, es muy difícil que se logre cubrir el 100% de los requerimientos proteicos solamente a partir de proteína microbiana (Garriz y López, 2002).

Dicho aporte de proteína by pass depende de la degradabilidad en rumen de la proteína, la que a su vez depende del tipo de proteína presente en el alimento, donde albúminas y globulinas, que poseen una alta solubilidad en soluciones salinas diluidas, presentan una alta tasa de degradación ruminal, de manera inversa a lo que ocurre con proteínas como las prolaminas y gluteninas presentes en el endosperma de cereales, de baja degradabilidad ruminal (Egaña y Morales, 1986).

<sup>1</sup> Beretta, V. 2009. Com. personal.

Esta degradabilidad depende también del procesamiento al que son sometidas las fuentes durante su elaboración. Según Egaña y Morales (1986), esto podría influir sobre la tasa de pasaje que también toma relevancia sobre la degradabilidad efectiva, donde a mayor tasa de pasaje, menor es la cantidad de proteína degradada en rumen.

Al no poder utilizarse harinas de origen animal por el riesgo de la Encefalopatía Espongiforme Bovina, con excepción de la harina de pescado, las fuentes de proteína verdadera se basan fundamentalmente en proteína vegetal (Pordomingo, 2005).

Tal como expresa Pordomingo (2005), es común la utilización de subproductos de la industria, como ser el expeler de girasol y el de soja. Existen a su vez otros subproductos de la molienda de los granos de cereales, como lo son el afrechillo de trigo y de arroz, pero que son menos utilizados dado su menor concentración de proteína por kg de MS (Marichal y Carriquiri, 2008).

Para el caso del expeler de girasol, el mismo tiene un importante uso en la alimentación de rumiantes debido a su elevado contenido de fibra, lo que limita su uso en monogástricos (Marichal y Carriquiri, 2008). Esto permite una mayor disponibilidad en el mercado local para la alimentación de bovinos, a diferencia de otros subproductos de la industria que son adquiridos también para la alimentación de monogástricos, y por lo tanto, menos accesibles, como sucede con las harinas de soja y girasol.

Otra ventaja de estas fuentes de proteína a diferencia de las fuentes de NNP, es el aporte de péptidos y aminoácidos al rumen, que necesitarían algunos microorganismos para satisfacer sus requerimientos (Bondi, citado por Garriz y López, 2002).

Sin embargo, la proteína disponible para el animal no solo proviene de la fuente proteica de la dieta, sino que el tipo de grano consumido como fuente de energía afectará también la disponibilidad de aminoácidos mediante un diferente aporte sobre la síntesis bacteriana (Giraudó, 2006).

Granos de alta fermentabilidad como trigo o cebada, favorecen la síntesis de proteína bacteriana, aumentando así el aporte de aminoácidos de éste origen. Por el contrario, granos como sorgo o maíz, si bien suministran energía, su aporte de proteína es menor, ya que parte del grano no se degrada en rumen. Presentan una estructura proteica entre gránulos que impiden la rápida exposición al líquido ruminal, retardando el ataque microbiano (Rooney y Pflugfelder, 1986).

A continuación se analiza el aporte de proteína verdadera a partir del grano de sorgo y del expeler de girasol, ingredientes más comúnmente utilizados en dietas de feedlot altamente concentradas.

### 2.5.1.1. Sorgo

En los últimos cuarenta años el área cultivada en Uruguay aumentó un 320%. Este proceso se acentuó aún más en los últimos años, tendiéndose a una agricultura continua con rotación de oleaginosas y cereales a través de siembra directa (Díaz, 2004).

La sustentabilidad de la agricultura continua a través de la siembra directa, se logra mediante una rotación que logre una buena cobertura del suelo a través de rastros. Esto lleva a la necesidad de incluir maíz o sorgo dentro de la misma (García Prechac, 2004).

La intensificación de la producción ganadera, con un mayor énfasis en el confinamiento, acompaña la expansión agrícola al demandar granos a modos crecientes, por lo que el sorgo constituye un elemento importante para el encierre a corral como componente de la dieta animal.

De acuerdo a Methol (2006), año a año aumenta la utilización del método de silaje de grano húmedo, con perspectivas de que esta tecnología se utilice cada vez más, y a su vez, el 95% de la producción del sorgo del Uruguay va destinado al consumo animal, por lo que interesa conocer su aporte proteico a la dieta.

Frente al maíz, el otro cereal comúnmente utilizado en dietas de confinamiento, el sorgo contiene por lo general más proteína y menos aceite, lo cual se traduce en un contenido de energía metabolizable ligeramente inferior (Chessa, 2007).

El sorgo tiene limitantes en su degradación por parte de las bacterias del rumen debido a la presencia de un endosperma más desarrollado que otros granos y a la existencia de más cuerpos proteicos respecto al grano de maíz. Asimismo, según su genotipo puede tener taninos condensados (Maxson et al., 1973). Los taninos condensados son sustancias polifenólicas que se encuentran en la testa, y que afectan negativamente el valor nutritivo del sorgo, pues fijan las proteínas del grano reduciendo su disponibilidad, además de inhibir la acción de la amilasa (enzima importante durante el proceso de digestión de los granos), causando disminución del 10 al 30% y más en la eficiencia alimenticia (Chessa, 2007).

El almidón en el grano representa alrededor del 70% de la materia seca y es el de menor tasa de degradación en rumen, seguido por el maíz (Stock y Mader, 2005). Su digestibilidad en rumen e intestino ronda en 64 y 63% respectivamente (Marichal y Carriquiri, 2006).

En cuanto a la proteína bruta en porcentaje de la materia seca, puede variar según su genotipo entre 6 y 10% (Elizalde, citado por Baldi, 2008), pero para sorgos de alto tanino varía entre 6 a 8% (Marichal y Carriquiri, 2006). La digestibilidad total de la

proteína bruta del grano ofrecida en forma seca y molida, ronda entre 90 y 95%, donde a medida que la tasa de pasaje aumenta, la digestibilidad disminuye. De dicha digestibilidad total la misma es degradada en su mayoría en el rumen, rondando entre un 84 y 66%, disminuyendo, al igual que la digestibilidad total, a medida que aumenta la tasa de pasaje en rumen. Por lo tanto este grano tiene un buen aporte de proteína by pass, la que aproximadamente es de entre 16 y 33% de la proteína total del sorgo, dependiendo de la tasa de pasaje, incrementándose a medida que dicha tasa aumenta (Marcondes et al., 2009).

Este es un grano que tiene que ser procesado para ser aprovechado eficientemente en animales en engorde. Previo al suministro animal, el grano puede ser molido, ya sea seco o húmedo, partido, o inclusive procesado con vapor (steam flake) (Stock y Mader, 2005).

En el cuadro 1 se presenta el valor nutritivo del grano de sorgo.

Cuadro 1: Valor nutritivo del grano de sorgo.

<b>Materia Seca (MS)</b> %	<b>Cenizas</b> %	<b>Proteína Cruda (PC)</b> %	<b>Nitrógeno ligado a la fibra (ADIN)</b> %	<b>Digestibilidad Materia Orgánica (DMO)</b> %	<b>Fósforo (P)</b> %	<b>Fibra Detergente Ácido (FDA)</b> %
90,34	2,59	8,57	14,67	84,66	0,33	10,07

<b>Fibra Detergente Neutro (FDN)</b> %	<b>Extracto Etéreo (EE)</b> %	<b>EN para Mantenimiento (ENm)</b> Mcal/Kg MS	<b>EN para Lactación (ENl)</b> Mcal/Kg MS	<b>EN para Ganancia (ENg)</b> Mcal/Kg MS	<b>Energía Metabolizable (EM)</b> Mcal/Kg MS
28,12	3,73	2,17	1,96	1,47	3,27

Fuente: Mieres et al. (2004).

### 2.5.1.2. Expeler de girasol

En el país una de las semillas más utilizadas para la extracción de aceite es la de girasol, dando como subproducto el expeler una vez extraído el aceite de forma mecánica (Marichal y Carriquiri, 2008). Este es comúnmente aprovechado para la alimentación animal. Normalmente se presenta en pellets con un tamaño variable entre 2 y 5 cm de largo y 0,5 cm de diámetro.

Este producto es de los más utilizados como fuente proteica en el Uruguay, debido a que presenta varias características que hacen de éste un suplemento muy adecuado para balancear dietas deficitarias en proteínas. No presenta limitaciones técnicas dentro del rango normal de uso, es muy palatable y posee muy escaso nivel de

almidón disponible a nivel de rumen, lo que determina que no se produzcan problemas de acidosis en su uso (Acosta, 2008).

El expeler puede ser utilizado en raciones de engorde a corral como fuente de proteína de alta calidad, y tanto por su concentración de energía como de proteína, su calidad es muy variable, estando muy relacionadas.

La concentración energética se ubica entre 1,8 Mcal/kg MS, y en ciertos casos puede llegar a valores cercanos al del afrechillo de arroz, con 2,5 Mcal/kg MS. La concentración proteica por su parte, es mucho más variable, entre 24 y 36%, y un valor promedio de 30%. Por lo común, los contenidos de energía y proteína son menores debido a un mayor contenido de cáscara, la cual es fibra indigestible (Mieres et al., 2004).

Es un alimento con alto contenido de fibra, variando entre 38 y 60% la FDN, y entre 30 y un poco más de 40% la FDA, determinando que no pueda utilizarse como única fuente de energía en rumiantes. Peralta (2006) ha encontrado mediante análisis nutricional de muestras que la alta densidad energética se debe al elevado contenido de extracto etéreo.

Los niveles de almidón disponibles en el rumen no son muy elevados, por lo que no existen riesgos de acidosis por su uso, y se caracteriza por ser un alimento muy palatable para los animales, con fácil almacenamiento por periodos largos, sin modificaciones de sabor u olor.

En cuanto a la relación fósforo:calcio, es de 2 a 1, lo que lo hace muy adecuado especialmente para animales preñados, donde las exigencias de fósforo son muy elevadas y cualquier deficiencia en calcio puede ser suministrado fácilmente mediante otras alternativas.

En el cuadro 2 se presenta el valor nutritivo del expeler de girasol.

Cuadro 2: Valor nutritivo del expeler de girasol.

<b>Materia Seca (MS) %</b>	<b>Cenizas %</b>	<b>Proteína Cruda (PC) %</b>	<b>Digestibilidad Materia Orgánica (DMO) %</b>	<b>Fósforo (P) %</b>	<b>Calcio (Ca) %</b>	<b>Potasio (K) %</b>
90,83	7,37	36,28	65,6	0,83	0,36	1,03

Fibra Detergente Ácido (FDA) %	Fibra Detergente Neutro (FDN) %	Extracto Etéreo (EE) %	EN para Lactación (ENI) Mcal/Kg MS	Fibra Cruda (FC) %	Almidón %	Azúcar %
25,69	37	2,27	1,43	19	1,7	6,5

Fuente: Mieres et al. (2004).

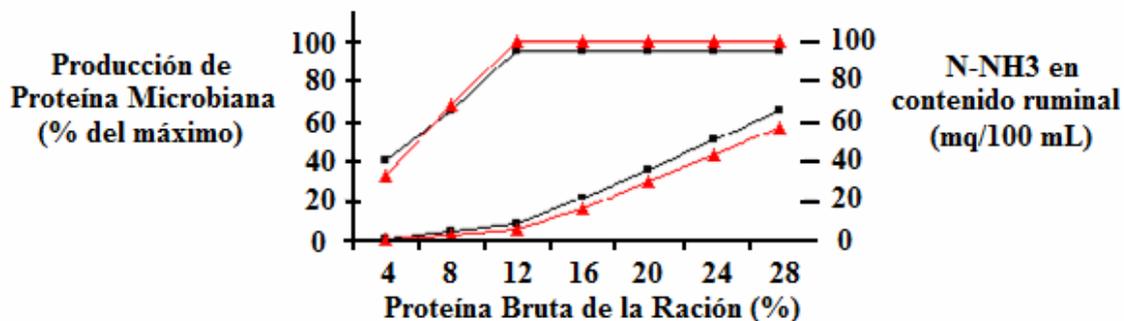
### 2.5.2. Nitrógeno no proteico como fuente de proteína

Cuando los rumiantes consumen NNP bajo la forma de urea, este es hidrolizado en amoníaco y anhídrido carbónico en el rumen mediante la enzima ureasa que es producida por ciertas bacterias (Escalona, 2007).

De acuerdo a Satter y Roffler (1988), el grado de aprovechamiento de ese amoníaco ruminal dependerá del número de bacterias y su velocidad de crecimiento. Este proceso está ligado íntimamente con la cantidad de energía disponible para las bacterias. Raciones con altas cantidades de concentrado o materia seca digestible podrán aprovechar más eficientemente el amoníaco ruminal que aquellas con elevado contenido de forrajes, ya que las primeras contienen una mayor cantidad de energía fermentecible.

Buttery, citado por Garriz y López (2002), plantea que existe una relación entre el contenido de proteína de la ración, la concentración de amoníaco ruminal y la síntesis de proteína bacteriana. Se puede observar en la gráfica 2 que la máxima síntesis de proteína bacteriana se obtendría con concentraciones de proteína de la ración cercanas al 12-13%. Sin embargo, esto dependerá de la composición de la dieta y del estado fisiológico del animal.

Gráfica 2: Efecto de la cantidad de proteína bruta de la ración en la concentración de nitrógeno como amoníaco en el rumen (mq/100mL) y en la producción de proteína microbiana (% del máximo).



Fuente: Buttery, citado por Garriz y López (2002).

Según Briggs (1967), Pordomingo (2005), recomiendan que el NNP usado como suplemento proteico puede reemplazar un tercio (1/3) del total de la proteína o componer un 3% de la materia seca (MS) del concentrado o un 1% del total de la MS de la ración.

Church (1993), expresa que los rumiantes pueden utilizar NNP como única fuente de nitrógeno manteniendo una buena producción, aunque suele recomendarse que el NNP no aporte más de una tercera parte de las necesidades de proteína bruta.

Por otro lado Swensson y Borsting et al., citados por Martínez (2009), señalan también sobre la importancia del sincronismo, lo cual no solo mejoraría la utilización, sino que reduciría también el impacto ambiental por contaminación del nitrógeno. Para este punto tomarían relevancia las fuentes de NNP de lenta liberación.

Dentro de las posibles fuentes de NNP para la inclusión en las dietas estarían la urea, Optigen, biuret, amoníaco, fosfato diamonico y polifosfato amónico. De las mencionadas se profundizará en las primeras dos, contrastándose ambas en la velocidad de liberación del nitrógeno (Fernández, 2008).

#### **2.5.2.1. NNP de rápida liberación en rumen (urea)**

Según Kolb, citado por Garriz y López (2002), la urea es un compuesto de NNP comercial conteniendo aproximadamente 46% de nitrógeno, por lo tanto 100 gramos de urea representan 287,5 gramos de proteína cruda (PC) para el animal ( $PC = N * 6,25$ ).

En animales alimentados con dietas que se basan fundamentalmente en el uso de granos sucede que hay una rápida disponibilidad de energía y una lenta degradación de la proteína. La utilización de nitrógeno no proteico en raciones altamente concentradas (basadas en el uso de granos), tiene buenos resultados debido a la rápida disponibilidad de energía a partir del almidón y por lo tanto un uso eficiente de ese nitrógeno liberado para la síntesis proteica (Mac Loughlin, 2007).

Kolb, citado por Garriz y López (2002), subraya que los compuestos con nitrógeno no proteico pueden utilizarse en cierta cuantía como sustituto de la proteína, tanto en engorde de bovinos para producir carne como en la alimentación de vacas lecheras. La fuente más comúnmente utilizada es la urea. Este suplemento es básicamente NNP de rápida degradación ruminal; a las 2 horas de ingestión se produce el pico de amoníaco en el rumen y a las 9 o 10 horas éste vuelve a tener el nivel que tenía antes de la ingestión. Su aprovechamiento para la síntesis de proteína microbiana dependerá, entre otros factores, del aporte simultáneo de energía en el rumen.

Cuando se piensa en incorporar urea a la dieta, motivados por su menor costo con relación a otra fuente proteica, se debe tener presente que sólo aportará nitrógeno, a diferencia de cualquier otro concentrado que aporta simultáneamente cantidades variables de fibra, azúcares, grasas, y otros componentes (Kolb, citado por Garriz y López, 2002).

La clave de suplementar con urea radica en asegurar un nivel constante de nitrógeno amoniacal en el rumen a fin de maximizar el metabolismo microbiano. Por otra parte, la urea en el rumen, puede descomponerse en el amoníaco más rápido que lo que las bacterias pueden convertir esto en proteína. Ello dependerá por un lado, de la frecuencia de consumo del suplemento durante el día y de la cantidad consumida, y de la fracción de NNP de la dieta base (Kolb, citado por Garriz y López, 2002).

En planteos de feedlot, podemos asegurar el consumo regular de urea durante el día, pero en pastoreo, el suministro se reducirá a una o dos veces por día, provocando picos de producción de amoníaco en rumen que difícilmente puedan ser aprovechados por las bacterias dado que no se equilibraría el aporte de energía y nitrógeno (Kolb, citado por Garriz y López, 2002). Indica también que son precisamente estos excesos de amoníaco los que a veces desencadenan casos de intoxicación, pues el sistema hepático no alcanza a convertirlo en urea para eliminarlo. A su vez este proceso de ureogénesis dada en el hígado, desencadenaría un gasto energético pudiendo disminuir performances.

Di Marco y Aello (2002a), por su lado, demostraron en pasturas, que los gastos energéticos que podrían darse por un exceso de amoníaco que deba ser eliminado, son casi insignificantes. Según ellos los gastos de energía que se podrían llegar a dar son a través de un aumento en el catabolismo de aminoácidos, aumento del gasto por ureogénesis y un aumento en el peso del hígado y/o su mayor actividad de ATPasas de Na/K.

Según los resultados de estos autores el catabolismo de aminoácidos no aumentaría; distintos grados de exceso de amoníaco en rumen llevaron a iguales costos energéticos de detoxificación. Sin embargo el tamaño del hígado aumento hasta un 11% al aumentar el exceso de amoníaco debido a su mayor trabajo en detoxificación. Pero ello no llevo a cambios en gastos metabólicos.

### **- Toxicidad de la urea**

La toxicidad de la urea parece ser atribuible directamente a condiciones fisiológicas relacionadas al exceso de amoníaco que es absorbido. La rápida liberación de amoníaco procedente de la hidrólisis de cantidades potencialmente tóxicas de urea en el rumen contribuye a un aumento del pH en el mismo. A su vez, el pH del rumen sería

el factor más importante en cuanto a la absorción de amoníaco hacia el torrente sanguíneo. A mayor pH la absorción aumenta, haciéndose máxima con pH mayor a 7.

Según Escalona (2007), cuando la urea libera  $\text{NH}_3$  más rápido de lo que pudiera ser convertido en proteína microbiana, el exceso de amoníaco es absorbido a través de las paredes del rumen y llevado al hígado por la corriente sanguínea, causando una alcalosis, lo cual es una intoxicación por amoníaco.

La causa exacta de la muerte en la intoxicación por amoníaco, aunque no bien definida, parece ser debida a un paro respiratorio. Los síntomas clínicos suelen presentarse unos 20 a 30 minutos después de la ingestión de una cantidad tóxica de urea, y la muerte tiene lugar generalmente en menos de 4 horas. Los síntomas del envenenamiento incluyen respiración rápida, temblores y ligera incoordinación seguida de incoordinación grave, salivación excesiva y respiración trabajosa (Church, 1993).

Kolb, citado por Garriz y López (2002), recomienda combinar urea con otra fuente proteica de degradación más lenta (harina de soja), agregar una fuente energética de fácil disponibilidad (granos de rápida digestión) y asegurar la completa homogeneización de la mezcla para evitar elevados picos de amoníaco ruminal.

Pordomingo (2005), sostiene que niveles de entre 1 y 1,2% de la dieta son considerados el límite superior de inclusión de urea en dietas de feedlot sin riesgo de intoxicación amoniacal.

Fernández (2008), menciona que el umbral de toxicidad está entre 40 a 50 gramos cada 100 kg de peso vivo por animal y por día. Sin embargo, sostiene que si la urea se suministra molida (similar a la sal gruesa), 2 veces por día y junto con grano de cereal molido, se la podría suministrar a valores cercanos al umbral con menores riesgos de toxicidad.

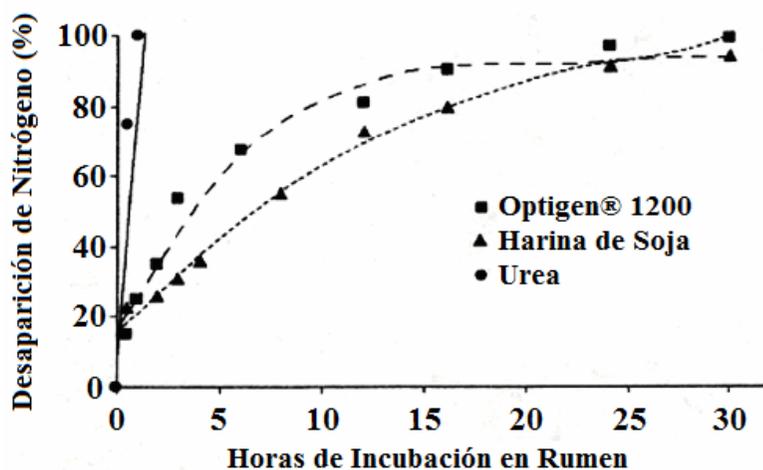
#### **2.5.2.2. NNP de lenta liberación en rumen (Optigen)**

Para evitar los problemas de intoxicación por urea y poder lograr un sincronismo entre la proteína y la energía disponible en rumen, se pensó en la utilización de fuentes de NNP de liberación lenta, como es el caso del uso de Optigen (Alltech Inc., citado por Beretta<sup>1</sup>). Optigen II es una tecnología protegida por patente diseñada para liberar el aporte de NNP en el rumen en forma continuada, que permite optimizar la producción de proteína bacteriana. Optigen II es 256% de proteína cruda en base seca que permite al nutricionista aumentar la densidad de nitrógeno en la fracción proteica de la dieta, creando un espacio que puede ser utilizado para cumplir algunos objetivos específicos, como por ejemplo aumentar la cantidad de grano en la dieta para formular dietas con mayor concentración energética (Optigen II)<sup>1</sup>.

Una de las principales aplicaciones de esta tecnología es por medio del control de la liberación de nitrógeno en el rumen. En un medio líquido como el rumen, la cubierta protectora, que es porosa, permite la liberación del nitrógeno. Ciertos tipos de bacterias, particularmente las cepas digestoras de la fibra, tienen requerimientos de nitrógeno, por consiguiente, es esencial para las poblaciones fibrolíticas ruminales (Optigen II, 2009).

Optigen II libera nitrógeno a una tasa similar a la harina de soja. Además, continúa liberando nitrógeno durante el tiempo en que permanece en el rumen, tanto como 36 horas. La urea, por otra parte, es liberada casi inmediatamente, como se muestra en gráfica 3 (Optigen II, 2009).

Gráfica 3: Efecto de diferentes fuentes proteicas (Optigen, harina de soja y urea), sobre la tasa de liberación de nitrógeno en rumen, medida como el porcentaje de desaparición de nitrógeno en función de las horas de incubación en rumen.



Fuente: Alltech Inc., citado por Beretta<sup>1</sup>.

La tasa de liberación del Optigen es de un 50% en las primeras 12 horas, y un 95% entre las 24-36 horas. Esto equivale a un promedio de 6% por hora lo que coincide con la tasa promedio de degradación de los componentes fibrosos de una dieta.

Por lo tanto los principales beneficios de utilizar Optigen serían:

- Mas leche o componentes lácteos (ganado lechero).
- Mejorar la función ruminal.
- Reducir el impacto del estrés calórico.
- Reducir el impacto de las fases de transición.
- Disminuir los costos de producción.

Campos Neto y Texeira (2008), Huntington et al., citados por Martínez (2009), demostraron que efectivamente el uso de urea de liberación lenta previene cambios metabólicos y la toxicidad por urea. Sin embargo, Cabrita et al. (2006), Cole y Todd (2008), han concluido sobre escaso o inclusive ningún beneficio por el hecho de sincronizar la degradación ruminal del nitrógeno y de la energía, por lo que más líneas de investigación deben ser desarrolladas.

Otro de los beneficios que tiene el hecho de sincronizar la degradación de la proteína y de los carbohidratos es que reduce la contaminación ambiental por el hecho de una menor liberación de amonio al ambiente por un aumento en la eficiencia de utilización de la proteína.

### **2.5.2.3. Requerimientos de azufre**

El azufre es un componente esencial en las proteínas, ya que dos de los veinte aminoácidos lo contienen en su estructura. Es fundamental para que los microorganismos del rumen sinteticen los aminoácidos azufrados, metionina y cisteína, expresan Church y Pond (1977).

Las proteínas verdaderas, como sucede con las de origen vegetal, normalmente contienen suficiente azufre para cubrir los requerimientos de los microorganismos del rumen (Soto y Reinoso, 2007). Sin embargo, con la urea es distinto. Es fuente de nitrógeno únicamente, por lo que debe suplementarse con azufre para contrarrestar las deficiencias (Church y Pond, 1977). Situación similar ocurre con el biuret (NNP de liberación lenta), tal como señalan Foncesbeck et al. (1975).

Raramente se observan deficiencias, no obstante, las probabilidades se acrecientan cuando la proteína de la dieta incluye una alta proporción de nitrógeno no proteico relativo a su proteína verdadera (Shirley, citado por Garriz y López, 2002). Indican también, que para la síntesis de metionina y cisteína por los microorganismos del rumen, se requiere de azufre y su deficiencia puede limitar la síntesis de proteína cuando se usan grandes cantidades de NNP.

La metionina es la primer limitante para la ganancia de peso en los rumiantes de acuerdo a Gómez (2006), siendo a su vez un aminoácido muy importante para la síntesis de ADN y de proteínas. Se estima un requerimiento diario estimado en 26 gramos.

Por el otro lado, la cisteína no es un aminoácido esencial, o sea que es producido por el organismo animal, con función de desintoxicación y es importante en la formación y absorción de metaloenzimas en el intestino delgado (Gómez, 2006).

En cuanto a las relaciones nitrógeno:azufre, Bird, citado por Orskov (1988), afirma que los aminoácidos azufrados se encuentran en una proporción constante respecto al total de los aminoácidos microbianos, la cual es 8 gramos de azufre por kilogramo de materia seca de biomasa microbiana. Por este motivo puede pensarse que las necesidades de azufre de los microorganismos del rumen están relacionadas con las necesidades de nitrógeno. La mayoría de las determinaciones de la relación nitrógeno:azufre se han llevado a cabo a partir del N microbiano.

Existe una gran variación de las relaciones nitrógeno:azufre que se han publicado. Según Harrison y Mc Allan, citados por Orskov (1988), esta varía entre 8,6:1 y 30,8:1. Por su parte, el ARC, citado por Orskov (1988), a partir de varias publicaciones llegó a determinar una media de 14:1. La utilización de dicha cifra debe ser relacionada con la necesidad de N degradable en el rumen. Por lo tanto si se utiliza una fuente excesiva de N degradable en el rumen, la relación N:S debe ser ajustada (Orskov, 1988).

Se considera en general una relación nitrógeno:azufre en la dieta aproximadamente de 10/1 (Church y Pond, 1977), coincidentemente a lo postulado por Fomnesbeck et al. (1975).

Los microorganismos requieren azufre para así lograr un crecimiento óptimo. (Orskov, 1988). Para contrarrestar esta posible deficiencia, Barth et al., citados por Garriz y López (2002), encontraron que la adición de carbonato de calcio a dietas con elevada cantidad de NNP mejora la retención del nitrógeno consumido, la eficiencia de utilización de nitrógeno y la utilización de la proteína cruda de la dieta. Por otra parte, Garriz y López (2002), afirman que debe proporcionarse a la dieta como sulfato o como metionina o cisteína.

Finalmente, las concentraciones de azufre recomendadas en la dieta para ganado lechero son de 0,20% de la materia seca de la dieta (NRC, 2001). Un exceso de azufre en la dieta (más de 0,4% de la materia seca), puede originar síntomas de toxicidad, así como afectar el metabolismo de selenio y cobre (NRC, 1996).

## **2.6. SUSTITUCIÓN DE LA PROTEÍNA VERDADERA SUPLEMENTARIA POR NITRÓGENO NO PROTEICO EN DIETAS DE CONFINAMIENTO**

Existen antecedentes de experimentos donde se ha estudiado la respuesta animal al sustituirse en un 100% una fuente proteica verdadera por NNP. En el cuadro 3 se presentan las performances obtenidas al realizarse dicha sustitución, así como también resultados de sustituirse una fuente de NNP de rápida liberación por otra de lenta. En el cuadro 4 se presentan efectos de distintos niveles de inclusión de NNP,

mientras que en el cuadro 5 se muestra el comportamiento ruminal con distintos niveles de inclusión de NNP.

Cuadro 3: Efecto de la sustitución de una fuente proteica de origen vegetal por NNP, de rápida y de lenta liberación, sobre la performance de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

Autores	Año	Exp	Tmto	Categoría	Biotipo	Fuente de Energía	Fuente de Proteína	% PC	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Consumo (%PV)	Consumo (kg/día)	GMD (kg/día)	Eficiencia Conversión	<sup>1</sup> Diferencia Significativa
Milton et al.	1997a	1	1	Novillos	Br x Cont <sup>4</sup>	Grano maíz seco y aplastado	Urea	12,0	334,0	499,0	2,34 a	sd	1,250 b	7,81 a	<i>a,b difieren (p&lt;0,1)</i>
			2	Novillos	Br x Cont		Harina de soja	12,0	335,0	514,5	2,30 a	sd	1,360 a	7,19 b	
Milton et al.	1997a	2	1	Novillos	Br x Cont	Grano maíz seco y aplastado	Urea	14,0	336,0	499,7	2,23 a	sd	1,240 b	7,51 a	<i>a,b difieren (p&lt;0,1)</i>
			2	Novillos	Br x Cont		Harina de soja	14,0	335,0	527,7	2,33 a	sd	1,460 a	6,89 b	
Milton et al.	1997c	3	1	Novillos	Br x Cont	Grano maíz seco y aplastado	Urea	10,6	336,0	527,0	2,67 a	sd	1,710 a	6,75 a	<i>a,b difieren (p&lt;0,1)</i>
			2	Novillos	Br x Cont		Harina de soja	10,5	337,0	517,0	2,55 b	sd	1,620 a	6,71 a	
Pereda et al.	2008	4	1	Terneros	Bradford	Ensilaje de maíz	Urea	sd	236,0	288,2	sd	5,37	0,738 b	7,27 a	<i>a,b difieren (p&lt;0,05)</i>
			2	Terneros	Bradford		Expeler girasol	sd	227,7	297,9	sd	6,68	0,866 a	7,71 a	
Lorenzatti et al.	2004	5	1	Terneros	Británicas	Maíz grano húmedo	Harina de Girasol	13,0	143,0	206,0	3,54 g	6,17 a	0,757 c	8,18 b	<i>a,b difieren (p&lt;0,01)</i>
			2	Terneros	Británicas		<sup>2</sup> H. girasol <sub>50</sub> Urea <sub>50</sub>	13,0	143,0	206,0	3,54 g	6,17 a	0,757 c	8,18 b	
Mascardi	2007	6	1	Terneros	Angus	Grano de maíz + Afrech. de trigo	Expeler girasol	sd	205,6	308,5 a	sd	8,87	1,161 a	7,64 a	<i>significancia (p&lt;0,05)</i>
			2	Terneros	Angus		Optigen	sd	207,2	309,3 a	sd	8,87	1,168 a	7,59 a	
Simeone et al.	2008	7	1	Novillos	Hereford	Sorgo molido seco	Expeler girasol	10,0	356,9	413,0	2,22 b	sd	0,967 a	8,40 a	<i>a,b difieren (p&lt;0,01)</i>
			2	Novillos	Hereford		Optigen	9,9	359,9	411,5	2,36 b	sd	1,051 a	8,50 a	
			3	Terneros	Hereford		Expeler girasol	11,0	168,1	198,2	2,53 a	sd	0,688 b	6,40 b	
			4	Terneros	Hereford		Optigen	11,1	168,3	200,2	2,51 a	sd	0,610 b	7,40 b	
Tedeschi et al.	2002	8	1	Novillos	Angus	Ensilaje de maíz	<sup>3</sup> Testigo	sd	271,0	304,0 d	sd	5,22 c	0,391 d	13,40 a	<i>a-e difieren (p&lt;0,05)</i>
			2	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Urea <sub>50</sub>	sd	273,0	343,0 b	sd	6,36 ab	0,852 b	7,50 cd	
			3	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Optigen <sub>50</sub>	sd	272,0	328,0 c	sd	6,01 b	0,674 c	9,00 b	
			4	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Urea <sub>100</sub>	sd	269,0	363,0 a	sd	6,69 a	1,088 a	6,20 e	
			5	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Optigen <sub>100</sub>	sd	272,0	354,0 a	sd	6,37 ab	0,984 a	6,60 de	
			6	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Urea <sub>25</sub> Optigen <sub>25</sub>	sd	272,0	339,0 bc	sd	6,46 a	0,805 bc	8,20 bc	
Tedeschi et al.	2002	9	1	Novillos	Angus	Grano maíz seco y quebrado	<sup>3</sup> Testigo	sd	338,0	514,0 b	sd	8,92	1,357 b	6,60 a	<i>a,b difieren (p&lt;0,05)</i>
			2	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Urea <sub>50</sub>	sd	337,0	528,0 ab	sd	9,44	1,449 ab	6,50 ab	
			3	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Optigen <sub>50</sub>	sd	336,0	541,0 ab	sd	8,94	1,465 ab	6,10 ab	
			4	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Urea <sub>100</sub>	sd	346,0	563,0 a	sd	9,38	1,638 a	5,80 b	
			5	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Optigen <sub>100</sub>	sd	338,0	550,0 ab	sd	9,03	1,483 ab	6,20 ab	
			6	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Urea <sub>25</sub> Optigen <sub>25</sub>	sd	342,0	521,0 ab	sd	8,67	1,382 ab	6,30 ab	
Tedeschi et al.	2002	10	1	Novillos	Angus	Ensilaje de maíz	<sup>2</sup> Urea <sub>100</sub> Optigen <sub>0</sub>	sd	242,0	338,0	sd	6,82	1,149 a	5,93 a	<i>significancia (p&lt;0,05)</i>
			2	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Urea <sub>66</sub> Optigen <sub>34</sub>	sd	241,0	333,0	sd	6,68	1,101 a	6,06 a	
			3	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Urea <sub>34</sub> Optigen <sub>66</sub>	sd	241,0	337,0	sd	6,74	1,147 a	5,89 a	
			4	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Urea <sub>0</sub> Optigen <sub>100</sub>	sd	242,0	333,0	sd	6,65	1,087 a	6,11 a	
Tedeschi et al.	2002	11	1	Novillos	Angus	Grano maíz seco y quebrado	<sup>2</sup> Urea <sub>100</sub> Optigen <sub>0</sub>	sd	340,0	542,0 a	sd	9,27	1,651 a	5,98 a	<i>a,b difieren (p&lt;0,05)</i>
			2	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Urea <sub>66</sub> Optigen <sub>34</sub>	sd	334,0	533,0 ab	sd	9,64	1,520 ab	6,49 a	
			3	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Urea <sub>34</sub> Optigen <sub>66</sub>	sd	335,0	527,0 ab	sd	9,06	1,512 ab	5,79 a	
			4	Novillos	Angus		<sup>2</sup> Urea <sub>0</sub> Optigen <sub>100</sub>	sd	333,0	520,0 b	sd	9,35	1,419 b	6,33 a	

<sup>1</sup> Letras diferentes difieren significativamente dentro de un mismo experimento.

<sup>2</sup> Indica el porcentaje de aporte de la fuente citada al faltante de proteína requerida por el animal, sin tomar en cuenta lo ya aportado por los otros componentes de la dieta.

<sup>3</sup> Cuenta con la proteína de la dieta base, pero no posee una fuente proteica para completar los requerimientos totales del animal.

<sup>4</sup> cruce de raza Británica con Continental.

sd/ sin dato.

Cuadro 4: Efecto de diferentes niveles de inclusión de NNP en la performance de novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

Autores	Año	Exp	Tmto	Categoría	Biotipo	Fuente de Energía	Fuente de Proteína	% de NNP	Consumo prom. de NNP agregado (gr)	% PC	Peso Inicial (Kg)	Peso Final (Kg)	Consumo (%PV)	Consumo (kg/día)	GMD (kg/día)	Eficiencia Conversión	Diferencia Significativa
Milton et al.	1997b	1	1	Novillos	Br x Cruza	Grano seco	<sup>1</sup> Testigo	0	0,0	8,5	333	531	2,57	sd	1,520	7,30	<i>ns</i>
			2	Novillos	Br x Cruza		Urea	0,5	72,0	9,87	332	541	2,39	sd	1,600	6,53	
			3	Novillos	Br x Cruza	Urea	1	149,7	11,25	331	545	2,48	sd	1,650	6,57		
			4	Novillos	Br x Cruza	maíz	Urea	1,5	221,2	12,63	331	537	2,46	sd	1,580	6,75	
Cooper et al.	2002	2	1	Novillos	Cruza	Grano húmedo	<sup>1</sup> Testigo	0	0,0	10,6	379	sd	sd	12,3	1,700	7,24	<i>ns</i>
			2	Novillos	Cruza		Urea	0,4	48,4	11,8	379	sd	sd	12,1	1,720	7,03	
			3	Novillos	Cruza	Urea	0,8	96,8	12,9	379	sd	sd	12,1	1,820	6,65		
			4	Novillos	Cruza	de maíz	Urea	1,2	145,2	14,1	379	sd	sd	12,1	1,850	6,54	
Cooper et al.	2002	3	1	Novillos	Cruza	Steam-flaked de maíz	<sup>1</sup> Testigo	0	0,0	9,5	335	sd	sd	10,3	1,440	7,15	<i>ns</i>
			2	Novillos	Cruza		Urea	0,4	43,2	10,6	335	sd	sd	10,8	1,740	6,21	
			3	Novillos	Cruza		Urea	0,8	88,0	11,8	335	sd	sd	11,0	2,000	5,50	
			4	Novillos	Cruza	Urea	1,2	132,0	13	335	sd	sd	11,0	2,000	5,50		
			5	Novillos	Cruza	Urea	1,6	180,8	14,1	335	sd	sd	11,3	2,020	5,59		
			6	Novillos	Cruza	Urea	2	220,0	15,3	335	sd	sd	11,0	2,040	5,39		
Taylor-Edwards et al.	2009a	4	1	Novillos	Angus	Ensilaje de maíz	<sup>1</sup> Testigo	0	0,0	sd	326	373	sd	6,9	0,850	8,13	<i>ns</i>
			2	Novillos	Angus		Urea	0,4	30,2	sd	332	396	sd	7,5	1,140	6,66	
			3	Novillos	Angus		Urea	0,8	61,1	sd	330	395	sd	7,6	1,160	6,57	
			4	Novillos	Angus	Urea	1,2	91,0	sd	330	395	sd	7,6	1,160	6,53		
			5	Novillos	Angus	Urea	1,6	122,4	sd	332	398	sd	7,7	1,180	6,45		
			6	Novillos	Angus	Optigen	0,4	28,8	sd	330	386	sd	7,2	1,000	7,19		
			7	Novillos	Angus	Optigen	0,8	60,2	sd	332	398	sd	7,5	1,180	6,37		
			8	Novillos	Angus	Optigen	1,2	91,2	sd	331	398	sd	7,6	1,200	6,32		
			9	Novillos	Angus	Optigen	1,6	119,8	sd	330	388	sd	7,5	1,030	7,30		

<sup>1</sup> Cuenta con la proteína de la dieta base, pero no posee una fuente proteica para completar los requerimientos totales del animal.

*sd* sin dato.

*ns* no significativo.

Cuadro 5: Efecto de diferentes niveles de inclusión de NNP en características ruminales de novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

Autores	Año	Exp	Tmto	Categoría	Biotipo	Fuente de Energía	Fuente de Proteína	% MS NNP Dieta	Consumo prom. de NNP agregado (gr)	Consumo (%PV)	Consumo (kg/día)	Peso Inicial (Kg)	pH	NH3 ruminal (mg/dl)	AGV total (mM)	Acetato (%)	Propionato (%)	Butirato (%)	Dig. almidón (%)
Milton et al.	1997b	1	1	Novillos	Br x Cont	Grano	Urea	0	0	2,38	13	557	6,00	3,7	105	46,1	28	16,9	47,1
			2	Novillos	Br x Cont	seco	Urea	0,5	68	2,43	13,7	557	6,06	5,2	100,6	51	30,4	13,2	64,4
			3	Novillos	Br x Cont		Urea	1	111	2,02	11,1	557	5,81	14,3	112,9	43,3	29,5	11,2	59,2
			4	Novillos	Br x Cont	maíz	Urea	1,5	184,5	2,28	12,3	557	5,74	15,5	118,4	42,5	28,8	9,45	64,4
Taylor-Edwards et al.	2009b	2	1	Novillos	Angus	Ensilaje	Urea	1,8	122,4	1,25	6,80	529	6,54	24	99,7	62,7	19,7	14	sd
			2	Novillos	Angus	de maíz	Optigen	1,8	122,4	1,25	6,80	529	6,47	15,1	103,2	62,3	20,3	13,8	sd

sd sin dato.

Dichos experimentos comparan el uso de distintas fuentes proteicas, proteína verdadera (harina de soja, expeler de girasol) y nitrógeno no proteico (urea, Optigen). Los resultados de sustituir una fuente de proteína verdadera por otra de nitrógeno no proteico en su totalidad son variables, sin embargo, existe una clara tendencia a no tener diferencias significativas en las performances (Milton et al. 1997c, Mascardi 2007, Pereda et al. 2008, Simeone et al.<sup>2</sup>).

Trabajos en los que el uso de proteína vegetal dieron mejores resultados que NNP, se justifican mediante estudios del ambiente ruminal e intestinal. Se encuentra que la cantidad de nitrógeno aportada por microorganismos que alcanza el duodeno era mayor para los tratamientos con proteína verdadera que con NNP. Se concluye por lo tanto que una fuente de nitrógeno no proteico que aporta solamente N y no aminoácidos ni péptidos, y ya que existen ciertas exigencias por parte de algunas bacterias de aminoácidos y péptidos, no se debieron haber cumplido los requerimientos, mientras que con una fuente de proteína verdadera que si los aporta, lleva a tener una mayor flora microbiana (Milton et al., 1997a).

Los experimentos llevados a cabo con distintos niveles de inclusión de NNP en la dieta, tienen resultados con tendencia cuadrática en la performance animal de interés. Hay respuesta al agregado de NNP, pero tiene un límite impuesto por la capacidad de la flora ruminal de captar el amoniaco presente en el rumen (Milton et al. 1997b, Cooper et al. 2002, Taylor-Edwards et al. 2009b), que a su vez está dada por la cantidad de energía fermentecible, por lo que cuanto más fermentable sea el almidón consumido y cuanto mayor sea la proporción de concentrado en la dieta, mayores serán los requerimientos de N por parte de los microorganismos del rumen.

La fuente energética podría determinar también distintos niveles de N en rumen, dependiendo del tipo de grano aportado o el diferente procesamiento al cual fue expuesto, lo que varía las necesidades de aporte externo de NNP (Cooper et al., 2002). Resultados obtenidos por Tedeschi et al. (2002), confirman diferentes respuestas a la fuente proteica en performance animal de acuerdo a la fuente energética utilizada y a su procesamiento.

El límite donde se alcanza el máximo crecimiento de la microflora, se da con una inclusión de entre 0,6 y 1% de materia seca de urea u Optigen en la dieta (Milton et al. 1997b, Cooper et al. 2002). Dicho límite puede determinarse no solamente a través de los resultados en performance, sino también mediante la medición de N-NH<sub>3</sub> en rumen, donde con alrededor de 80mg/100ml se logra una adecuada disponibilidad de amoníaco en rumen para un máximo crecimiento por parte de los microorganismos. A partir de dicha concentración no hay respuesta al agregado de NNP ya que estaría colmada la capacidad de la microflora para captar amoníaco (Satter y Slyter 1974, Milton et al. 1997b).

Los resultados dados por estudios ruminales establecen que el agregado creciente de NNP no afectaría la digestibilidad del almidón pero si afectaría la eficiencia de fermentación del mismo, produciendo una mayor cantidad de ácidos grasos volátiles totales y de mejor calidad dado que aumenta la proporción de propiónico y disminuye la de butírico (Milton et al., 1997b).

Los resultados de sustituir una fuente de NNP de rápida liberación por otra de lenta liberación tampoco tendieron a dar diferencias significativas (Tedeschi et al. 2002, Taylor-Edwards et al. 2009b), por lo que la ventaja del uso de urea de lenta liberación sería la de un mayor control sobre la toxicidad por exceso de amoníaco (Tedeschi et al., 2002).

Tampoco existen diferencias entre las dos fuentes de NNP a nivel ruminal en la forma en que afectan la eficiencia de fermentación, existiendo solamente diferencias en la concentración de amoníaco en rumen, donde el Optigen tiene menores valores pero que los mantiene por más tiempo (Taylor-Edwards et al., 2009b).

Tampoco se encontraron efectos sinérgicos de la mezcla en distintas proporciones de las dos fuentes de NNP, tanto en la fase de recría como en la fase engorde (Tedeschi et al., 2002).

<sup>2</sup> Simeone, A.; Beretta, V., Elizalde, J. C.; Saabia, J. 2008. Replacing sunflower meal with Optigen in high grain feedlot diets: response of calves and steers (sin publicar).

En cuanto al estudio de diferencia de calidad de carne según fuente proteica, la tendencia es de no haber diferencias significativas al sustituir la proteína verdadera por NNP, ni al variar las distintas fuentes de NNP, ni tampoco al utilizarse diferentes relaciones de cada uno de los componentes (Optigen, urea) (Milton et al. 1997a, 1997c, Tedeschi et al. 2002).

## **2.7. HIPÓTESIS**

En dietas de corral para vacunos, altamente concentradas en energía, es posible sustituir a la proteína verdadera suplementaria de origen vegetal por NNP sin afectar la performance de terneros o novillos. Esta respuesta sería independientemente de la tasa de liberación del NNP en el rumen.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LOCALIZACIÓN**

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

#### **3.2. PERÍODO EXPERIMENTAL**

El período de encierro de animales en régimen de confinamiento durante el cual se realizó la evaluación abarcó un periodo de 86 días, llevándose a cabo entre el 24 de junio y el 18 de setiembre del año 2009, constando de una fase inicial de acostumbramiento a las dietas experimentales de 24 días (24/06/2009 al 17/07/2009), seguido de la fase experimental propiamente dicha durante los restantes 62 días (18/07/2009 al 18/9/2009).

#### **3.3. CLIMA**

El departamento de Paysandú cuenta con un régimen de precipitaciones de 1218 milímetros anuales, una humedad relativa de 73% y una temperatura media anual de 17,9°C, variando entre un máximo promedio de 23,8°C y un mínimo promedio de 12,2°C (URUGUAY. MDN. DNM, s.f.).

En el anexo 1, se presentan los promedios históricos mensuales de precipitaciones, temperatura media, y humedad relativa para los meses correspondientes al periodo experimental.

#### **3.4. ANIMALES**

Fueron utilizados 48 animales de la raza Hereford; 24 terneros machos nacidos en la primavera del 2008 (peso promedio a la entrada de encierro  $123,6 \pm 16,5$  kg), y 24 novillos nacidos en la primavera del 2007 (peso promedio inicial  $289,0 \pm 33,2$  kg). Todos los animales provinieron del rodeo experimental de la EEMAC, fueron destetados

precozmente y manejados sobre campo natural hasta inicio del experimento, con cierta restricción de forraje como consecuencia de la seca existente previo encierre.

### 3.5. INFRAESTRUCUTRA

Se utilizaron 48 corrales, uno por cada animal, todos ellos ubicados sobre un terreno con una pendiente próxima a 2,5%. Dichos corrales se encontraban compuestos perimetralmente por dos hilos electrificados, siendo sus medidas de 10 metros de largo por 2,5 metros de ancho, completando así un total de 25 metros cuadrados por cada animal. A cada uno de estos corrales individuales se les colocó un comedero, que consistió en un tanque de plástico de 200 litros cortado longitudinalmente, y un bebedero, mismo tanque pero de corte transversal. En la Figura 2 se presenta la distribución de los tratamientos y unidades experimentales en el espacio.

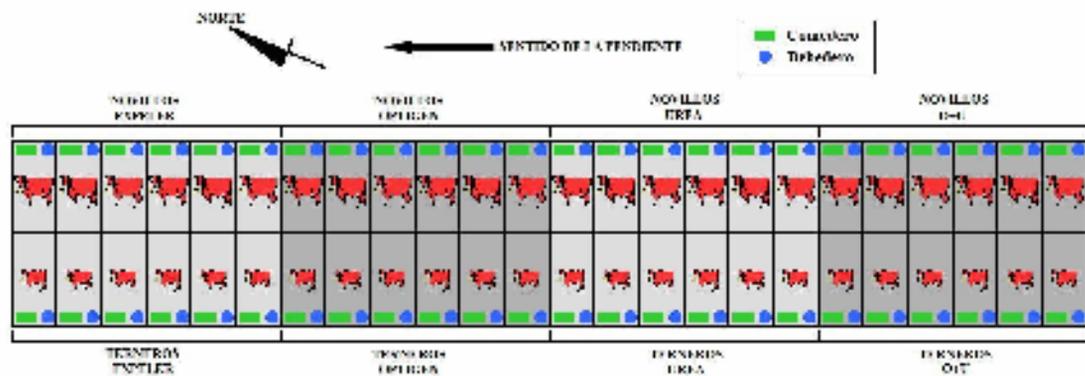


Figura 2: Distribución de los tratamientos y unidades experimentales en el espacio.

### 3.6. ALIMENTOS

Fueron utilizados los siguientes ingredientes en la formulación de las dietas experimentales:

- Fardo de *Setaria Italica* (Moha) picado, mediante un mixer con cuchillas adaptadas para tal función, alcanzando partículas de entre 5 y 10 cm de tamaño.
- Sorgo seco y molido; de dos partidas, una al principio de experimento y otra a mitad del período experimental.
- Expeler de Girasol (36% PC).
- Urea perlada.

- Optigen II (Alltech Inc.). Es una fuente de nitrógeno no proteico con una cubierta de polímero que permite una liberación controlada de la urea. Su equivalencia en términos de proteína es de 256%.
- Núcleo de vitaminas y minerales (con monensina y levadura).
- Sulfato de Calcio.

### 3.7. TRATAMIENTOS

Fueron evaluados cuatro fuentes de proteína: proteína verdadera (Expeler de girasol), Optigen, Urea y una mezcla 1:1 de Optigen y Urea, ofrecidas como suplemento proteico a terneros y novillos manejados en régimen de confinamiento y alimentados con dietas altamente concentradas en un diseño de parcelas con arreglo factorial de tratamientos 4x2 (n=6 por tratamiento).

Los animales fueron sorteados al azar, previa estratificación por peso vivo dentro de cada categoría a cada uno de los siguientes tratamientos (Cuadro 6).

Cuadro 6: Descripción de los tratamientos.

Categoría	Fuente de Proteína	Tratamientos
Terneros	Dieta incluyendo Proteína verdadera (Expeler de Girasol)	1
	Dieta incluyendo NNP de rápida liberación (Urea)	2
	Dieta incluyendo NNP de lenta liberación (Optigen)	3
	Dieta incluyendo Optigen y Urea relación 1:1	4
Novillos	Dieta incluyendo Proteína verdadera (Expeler de Girasol)	5
	Dieta incluyendo NNP de rápida liberación (Urea)	6
	Dieta incluyendo NNP de lenta liberación (Optigen)	7
	Dieta incluyendo Optigen y Urea relación 1:1	8

Las dietas fueron formuladas a base de sorgo molido y una relación forraje:concentrado 19:81 en terneros y 18:82 en novillos. En los tratamientos con Optigen, urea o la mezcla de Optigen y urea, estas fuentes sustituyeron totalmente al expeler de girasol (Cuadro 7). Las dietas fueron reformuladas para ser isoenergéticas e isoproteicas dentro de categorías y para una ganancia de 0,800 y 1,300 kg/día en terneros y novillos respectivamente (AFRC, 1993).

El alimento fue ofrecido *ad libitum* como ración totalmente mezclada (RTM) para evitar la selección en el comedero. La composición química de las dietas ofrecidas para cada categoría se presentan en el cuadro 8, mientras que en el cuadro 9 se muestran la composición química del núcleo vitamínico.

Cuadro 7: Composición de las dietas ofrecidas según la fuente de proteína aportada en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento, como porcentaje de la materia seca y como gramos/animal.día.

	TERNEROS				NOVILLOS			
	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Fardo de Moha Picado (%)	19,00	19,00	19,00	19,00	18,00	18,00	18,00	18,00
Grano de Sorgo Molido (%)	61,80	76,10	76,00	76,10	67,90	78,20	78,10	78,20
Optigen (%)	----	----	1,60	0,75	----	----	1,20	0,55
Urea (%)	----	1,40	----	0,75	----	1,00	----	0,55
Expeler de Girasol (%)	15,80	----	----	----	11,60	----	----	----
Núcleo Vitamínico (%)	3,10	3,10	3,10	3,10	2,50	2,60	2,60	2,60
Sulfato de Calcio (%)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,10	0,20	0,20	0,20
Rumensin*(g)	1,5	1,5	1,5	1,5	3,0	3,0	3,0	3,0
Levadura**(g)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

\* Rumensin Elanco (Monensina 10%)

\*\* Beef Sacc (Alltech, Inc.) UFC:  $5 \times 10^6$ /kg

Cuadro 8: Composición química de las dietas ofrecidas según la fuente de proteína aportada en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

	TERNEROS				NOVILLOS			
	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Materia Seca (%)	88,10	88,28	88,31	88,30	88,01	88,17	88,20	88,18
Proteína Cruda (%)	11,90	11,86	11,94	11,91	10,75	10,64	10,86	10,77
FDN (%)	28,80	24,39	24,34	24,36	27,11	23,87	23,82	23,84
FDA (%)	11,60	11,60	11,60	11,60	10,10	10,10	10,10	10,10
Cenizas (%)	3,58	2,95	2,94	2,94	3,38	2,91	2,90	2,91
EM (Mcal/kg MS)	2,41	2,42	2,42	2,42	2,46	2,47	2,46	2,46

FDN: Fibra Detergente Neutro.

FDA: Fibra Detergente Acido.

EM: Energía Metabolizable.

Cuadro 9: Composición del núcleo vitamínico y mineral (Zoodry), aportado a terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

Componentes	Unidades	Composición/kg
Vitamina A	UI	2.000.000,00
Vitamina D	UI	250.000,00
Vitamina E	UI	50.000,00
Niacina	mg	100.000,00
Biotina	mg	1.000,00
B1	mg	2.000,00
Fe	mg	12.500,00
Cu	mg	2.500,00
Zn	mg	7.500,00
Mn	mg	5.000,00
Se	mg	50,00
I	mg	250,00
Co	mg	25,00

### 3.8. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se pueden diferenciar tres etapas bien marcadas dentro del procedimiento experimental:

- Periodo de acostumbramiento.
- Periodo experimental de aplicación de los tratamientos.
- Faena.

#### 3.8.1. Periodo de acostumbramiento

Los animales fueron introducidos gradualmente a las dietas experimentales. Durante los primeros 11 días, se ofreció fardo a razón del 2% del peso vivo, introduciéndose el concentrado a partir del tercer día e incrementándose diariamente a razón de 300 gramos y 700 gramos en terneros y novillos respectivamente, hasta alcanzarse un consumo *ad libitum* en por lo menos el 70% de los animales.

A partir de dicho momento, en los últimos 13 días del período de acostumbramiento se mantuvo constante la oferta total de alimento, incrementándose la oferta del concentrado en 300 y 700 gramos para terneros y novillos respectivamente y reduciéndose en igual magnitud el voluminoso hasta alcanzarse la relación voluminoso:concentrado buscada.

Durante todo el experimento (acostumbramiento y periodo experimental), la rutina de alimentación fue de 4 comidas diarias, distribuyéndose equitativamente en una temprana en la mañana (8 hs), media mañana (11 hs), pasado el mediodía (14:30 hs) y por la tarde (17:30 hs).

### **3.8.2. Periodo experimental de aplicación de los tratamientos**

Diariamente, previo a la primer comida se realizaba “lectura de comedero”: si el rechazo era nulo en más del 30% de los animales de una misma categoría, sin influencia del tratamiento, la oferta de alimento se incrementaba en un 10% al día siguiente.

La disponibilidad de agua fue a voluntad a su vez, con una limpieza periódica de los bebederos y a todos por igual a fin de eliminar posibles efectos en la performance animal debido a la calidad del agua. La misma provenía de un tajamar próximo y era filtrada de manera de llegar limpia a los bebederos.

### **3.8.3. Faena**

Una vez culminada la fase de confinamiento, los novillos fueron faenados en un frigorífico comercial de la zona (19/09/2009), y los terneros liberados nuevamente a pasturas mejoradas luego de haber pasado por una transición gradual en la alimentación, fuera del experimento.

## **3.9. MANEJO SANITARIO**

Consistió en una dosis de Ivermectina a todos los individuos al momento de inicio del experimento, junto con un antibiótico para los terneros y un baño con pour on para el control de piojos a todos por igual. A su vez, tanto a inicio como en cada pesada, se trataron aquellos animales con problema de queratoconjuntivitis.

Diariamente eran observados a fin de identificar posibles irregularidades de comportamiento o trastornos digestivos.

### **3.10. DETERMINACIONES**

#### **3.10.1. Registros climáticos**

Se recogieron registros climáticos en cuanto a temperatura, humedad relativa y precipitaciones, para los meses correspondientes al periodo experimental.

#### **3.10.2. Peso vivo**

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

Una vez pesados los animales eran devueltos a los corrales de encierro, con distribución al azar de forma de eliminar todo efecto que pueda causar el ambiente en la performance animal.

#### **3.10.3. Consumo**

A lo largo del experimento se estimó el consumo diario de MS de los animales en forma individual como la diferencia entre la MS ofrecida y rechazada. Diariamente, previo a la primer comida se realizaba una recolección del rechazo, registrándose el peso fresco total del mismo.

El rechazo de cada animal fue muestreado cada 15 días. Sobre estas muestras se realizaba separación en fresco de las fracciones voluminoso y concentrado. De los mismos, se tomaba una sub muestra representativa la cual era secada en estufa de aire forzado a  $60^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante, determinando el porcentaje de MS que componía cada una de las fracciones, voluminoso y concentrado respectivamente.

Una vez finalizado el experimento, se formó para cada animal una muestra compuesta a partir de los rechazos recogidos para la determinación del contenido de PC, FDN y FDA en cada uno.

#### **3.10.4. Comportamiento**

En dos momentos del periodo experimental, durante dos días consecutivos (4 y 5 de agosto, y 15 y 16 de setiembre, respectivamente), sobre el total de los animales, se tomaron registros del comportamiento animal. Se realizó mediante observación visual

directa de cada animal, registrando cada 10 minutos y durante las horas de luz (de 7 a 19 horas), si el animal se encontraba comiendo, bebiendo, descansando o rumiando.

### **3.10.5. Pre faena y post faena**

Los animales fueron pesados individualmente en planta previo a la faena, luego de 24 horas de ayuno, siendo este el parámetro de peso a la faena.

Los registros y determinaciones de características de canal y calidad de carne fueron realizados sobre la media res izquierda identificada de acuerdo al orden de ingreso a la planta.

Los datos registrados consistieron en:

**Peso de canal caliente:** Se obtuvo una vez faenados los animales, con su desangrado, desollado y eviscerado. Posteriormente, dividida en dos secciones, derecha e izquierda respectivamente, dio origen a los pesos de cada media res.

**Rendimiento:** Surge de la relación entre el peso de la canal caliente y el peso vivo a la faena, expresado como porcentaje.

**pH:** se midió a nivel de la 10-11<sup>a</sup> costilla, accediendo al músculo de forma perpendicular y en dirección caudo craneal.

**Espesor de grasa subcutánea:** Consiste en el trazado de una bisectriz a nivel de la 10<sup>a</sup> y 11<sup>a</sup> costilla, a lo largo del área de ojo de bife. En  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  de la misma, se traza la perpendicular, y a esa altura se obtiene el resultado de espesor.

**Color de grasa intramuscular y color de músculo:** fueron determinados mediante un colorímetro portátil Minolta CR300, a nivel del *longissimus dorsi*, con un periodo mínimo de una hora de exposición al oxígeno. Se tomaron dos lecturas para el color de grasa y tres para el del músculo, promediándose posteriormente. Cada medida se compone por tres parámetros, L\*, a\* y b\*. El valor L\* corresponde al brillo y es directamente proporcional a la reflectancia de la luz reflejada, variando entre 0 (negro) y 100 (blanco); a\* refiere a diversas tonalidades de rojo, con valores positivos indicando rojo y valores negativos verde, b\* de acuerdo al amarillamiento, siendo amarillo con valor positivo, y azul con negativo.

De modo de ser más comprensible, la figura 3 a continuación expone la coloración de acuerdo al nivel de los diferentes parámetros colorimétricos mencionados.

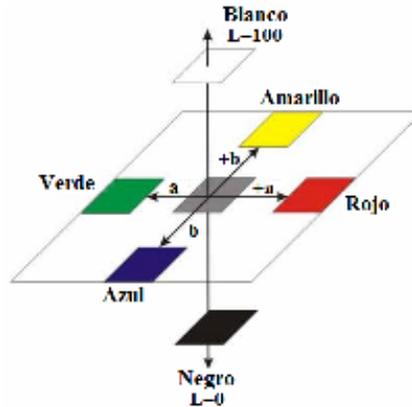


Figura 3: Esquema de colorimetría, indicando luminosidad, índice de amarillo e índice de rojo.

\* $L$  luminosidad

\* $a$  índice de rojo

\* $b$  índice de amarillo

### 3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

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

El efecto de los tratamientos sobre la ganancia diaria de peso vivo fue analizado usando un modelo de heterogeneidad de pendientes de 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:

$$Y_{ijklm} = \beta_0 + \alpha_i + \zeta_j + (\alpha\zeta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} + \beta_1 d_1 + \beta_{1i} \alpha_i d_1 + \beta_{1j} \zeta_j d_1 + \beta_{1ij} (\alpha\zeta)_{ij} d_1 + \beta_2 PV_{ijk} + \sigma_{ijklm}$$

donde:

$Y_{ijklm}$ : Peso vivo.

$\beta_0$ : intercepto.

$\alpha_i$ : efecto de la  $i$ -ésima categoría animal ( $i= 1,2$ ).

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

$(\alpha\zeta)_{ij}$ : interacción entre categoría y fuente de proteína.

$\varepsilon_{ijk}$  : error experimental.

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

$\beta_1\alpha_i$ : es la pendiente del peso vivo (PV) en función de los días ( $d_1$ ) para cada categoría animal.

$\beta_1j$ : es la pendiente del peso vivo (PV) en función de los días ( $d_1$ ) para cada fuente de proteína.

$\beta_1ij$ : es la pendiente del peso vivo (PV) en función de los días ( $d_1$ ) para la combinación categoría x fuente de proteína.

$\beta_2$ : es la pendiente que afecta a la covariable PV al inicio del experimento ( $PV_{ijk}$ ).

$\sigma_{ijklm}$ : 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:

$$Y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \zeta_j + (\alpha\zeta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} + S_l + (\alpha S)_{il} + (\zeta S)_{jl} + (\alpha\zeta S)_{ijl} + \sigma_{ijklm}$$

donde:

$Y_{ijklm}$ : consumo de materia seca, rechazo.

$\mu$ : media general.

$P_l$ : efecto de la l-ésima semana ( $k= 1, 2...4$ ).

$\alpha_i$ : efecto de la i-ésima categoría animal ( $i= 1,2$ ).

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

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

$\varepsilon_{ijk}$ : error experimental.

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

Para el análisis de las variables de comportamiento ingestivo de los animales en pastoreo fue realizada transformación LOGIT de los datos originales, la cual asume que la variable número de registros/registros totales tiene distribución binomial.

Transformación LOGIT:  $[\text{LN}(P/1-P)]$ ; siendo P la proporción de observaciones de pastoreo, rumia o descanso. Los datos transformados fueron analizados a través de un modelo lineal generalizado usando el macro GLIMMIX del paquete estadístico SAS.

La eficiencia de conversión (calculada para cada animal a partir del la ganancia media diaria y el consumo medio diario de materia seca para el periodo) fue analizada utilizando el procedimiento GLM mediante un modelo lineal general de la forma:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \zeta_j + (\alpha\zeta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

$\mu$ : media general.

$\alpha_i$ : efecto de la  $i$ -ésima categoría animal ( $i= 1,2$ ).

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

$(\alpha\zeta)_{ij}$ : interacción entre categoría y fuente de proteína.

$\varepsilon_{ijk}$ : error experimental.

Asimismo las variables asociadas a características de canal y carne de novillos fueron analizadas utilizando el PROC GLM y mediante un modelo lineal general de la forma:

$$Y_{ijk} = \mu + \zeta_j + \beta_1 PV_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

$\mu$ : media general.

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

$\beta_1 PV_{ijk}$ : covariable PV al inicio del experimento.

$\varepsilon_{ijk}$ : 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 aquello con  $P < 0.01$  y  $P < 0.05$ , respectivamente.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. REGISTROS CLIMÁTICOS**

En el cuadro 10 se detallan las medias mensuales de temperatura y precipitaciones para el departamento de Paysandú reinantes durante el periodo experimental.

Cuadro 10: Precipitaciones y temperatura medias mensuales para el departamento de Paysandú, durante el periodo experimental (24/6/2009 al 18/9/2009).

	<b>Junio 24 al 30</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setiembre 1 al 18</b>
Temperatura (°C)	9,4	9,2	14,6	13,6
Precipitaciones (mm)	29,9	59,7	43,9	137,1

Fuente: URUGUAY. MDN. DNM (2009).

### **4.2. PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA**

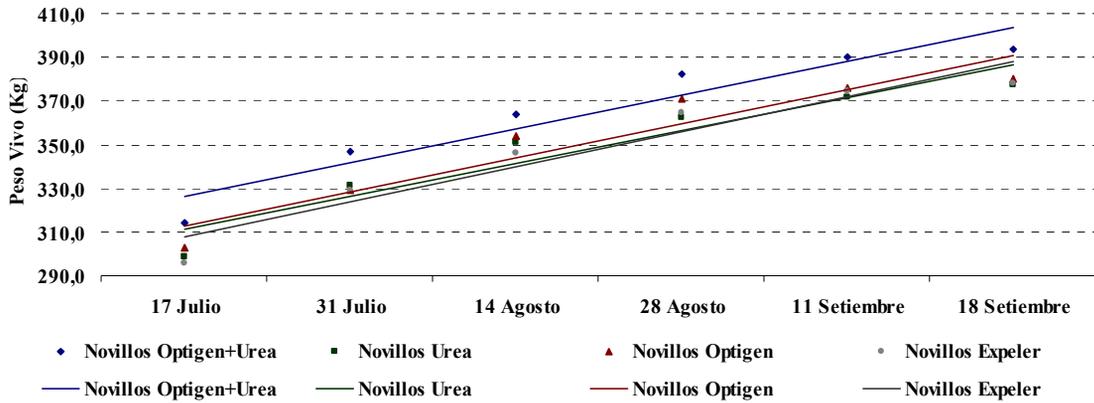
La evolución del peso vivo en novillos y en terneros fue lineal y positiva ( $P < 0,0001$ ). Las pendientes de las rectas, representando las ganancias medias diarias (Gráfica 4 y 5, para novillos y terneros respectivamente), se vieron afectadas por la categoría animal ( $P < 0,0001$ ), pero no se observó efecto de la fuente proteica utilizada en la dieta ( $P = 0,7118$ ) (gráfica 6), siendo ésta respuesta independiente de la categoría ( $P = 0,9535$ ).

En el cuadro 11 se presentan las ganancias medias diarias en cada tratamiento para el periodo experimental.

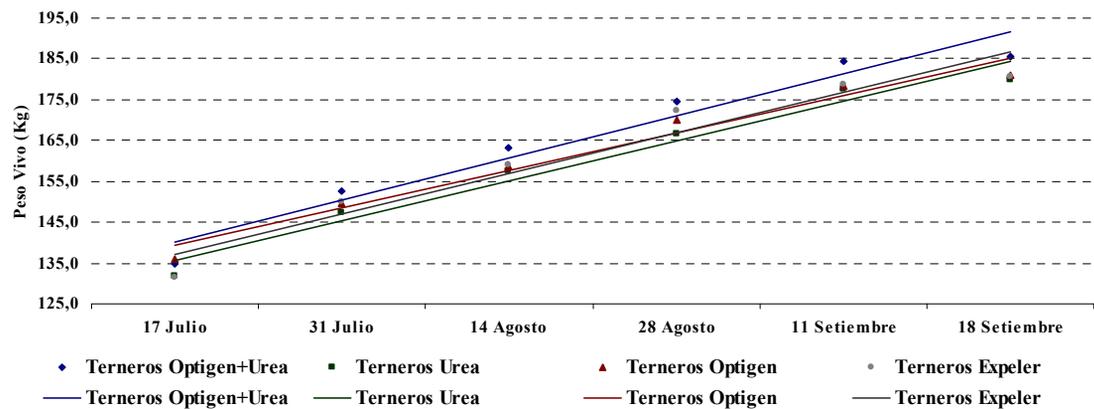
Cuadro 11: Efecto de la fuente proteica sobre la ganancia media diaria (kg/animal.día) de novillos y terneros consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento (18/07/2009 al 18/09/2009).

	<b>Terneros</b>	<b>Novillos</b>	<b>Media</b>
Expeler	0,831	1,312	1,071
Urea	0,772	1,239	1,006
Optigen	0,707	1,247	0,977
Optigen+Urea	0,821	1,266	1,043
<b>Media</b>	0,783 b	1,266 a	

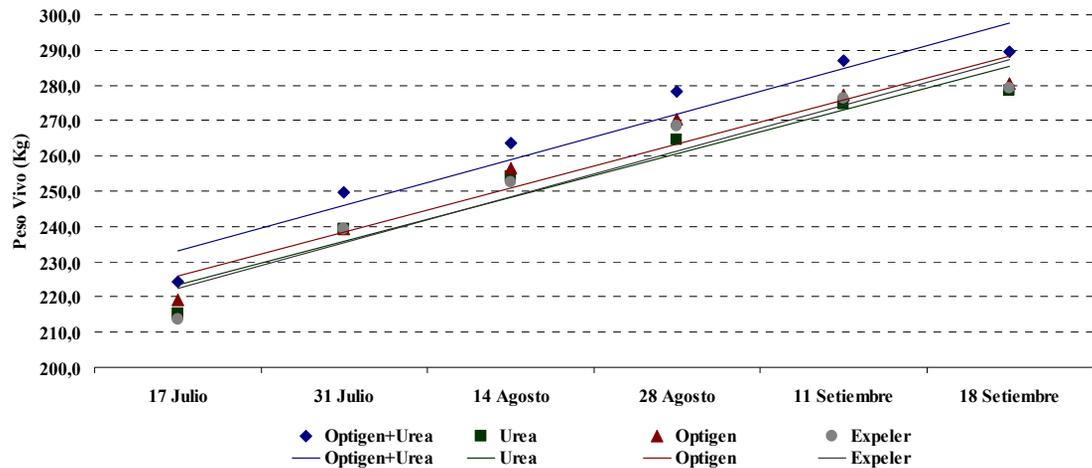
Gráfica 4: Efecto de la fuente proteica sobre la evolución del peso vivo (kg) de novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.



Gráfica 5: Efecto de la fuente proteica sobre la evolución del peso vivo (kg) de terneros consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.



Gráfica 6: Efecto de la fuente proteica sobre la evolución del peso vivo (kg) promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.



### 4.3. CONSUMO

Las cantidades ofrecidas de voluminoso, concentrado y de materia seca total no son una variable afectada por los tratamientos, sino que son parte de la definición de los tratamientos y de las dietas, por lo tanto no ameritó desarrollar un estudio estadístico en lo que a diferencias significativas refiere.

La oferta de alimento fue *ad libitum* en ambas categorías, a razón de 3,54% y 3,67% del peso vivo, en terneros y novillos respectivamente (Anexo 2). A su vez, se registró un porcentaje de rechazo promedio de 6,81% respecto al alimento ofrecido en la categoría joven, y por el contrario, 4,72% en la de terminación (Anexo 3).

La proporción de voluminoso y concentrado en el rechazo varió con la categoría animal ( $P=0,0154$ ) y ( $P=0,0200$ ) respectivamente, por lo que cada categoría tuvo una selectividad diferente en el consumo de ambos componentes. No obstante, ni la dieta, ( $P=0,6685$ ) y ( $P=0,5627$ ), ni tampoco la interacción entre categoría y dieta, ( $P=0,8771$ ) y ( $P=0,8192$ ), ocasionaron diferencias de selectividad.

El rechazo total de materia seca (expresado como porcentaje de peso vivo) no difirió entre categorías ( $P=0,0953$ ), ni dietas ( $P=0,5323$ ), ni fue afectado por la interacción entre ambos ( $P=0,8381$ ).

El consumo total de MS expresado en kg, varió entre categorías ( $P < 0,0001$ ), donde los novillos consumieron más que los terneros, y ello no fue afectado ni por la fuente de proteína en la dieta ( $P = 0,1991$ ), ni por la interacción entre la categoría y la dieta ( $P = 0,8649$ ).

Respecto a la cantidad total de voluminoso consumido, existieron diferencias según categoría animal ( $P < 0,0001$ ), siendo mayor en novillos. Sin embargo, el consumo no varió según la dieta ( $P = 0,5466$ ), o por la interacción entre la categoría y la dieta ( $P = 0,7961$ ), por lo que la fuente proteica no influyó en la selectividad de este componente.

Por otro lado, la cantidad total de concentrado consumida también varió según categoría animal ( $P < 0,0001$ ), registrándose nuevamente mayor consumo en novillos que en terneros. A su vez, difirió según la dieta ( $P = 0,0372$ ), pero donde la diferencia se dio únicamente entre la de expeler y la de urea, siendo mayor en la primera ( $P < 0,05$ ). En cuanto a la interacción entre categoría y dieta, no se encontraron diferencias ( $P = 0,5209$ ), por lo que la fuente proteica dentro de cada categoría no afectó el consumo.

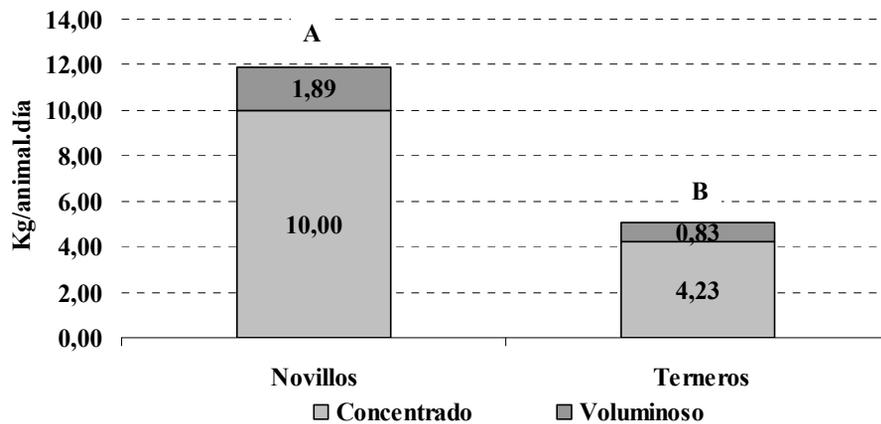
Al expresar el consumo en porcentaje de peso vivo, existieron nuevamente diferencias entre ambas categorías ( $P = 0,0017$ ), siendo en novillos claramente superior. Del mismo modo, se establece que el consumo no difirió ni según la dieta ( $P = 0,5323$ ), ni en la interacción entre categoría y dieta ( $P = 0,8381$ ), estableciéndose al igual que en el párrafo anterior, que el consumo no varió según la fuente proteica dentro de una categoría, manteniéndose las diferencias entre terneros y novillos.

Las medias ajustadas correspondientes al consumo de MS en cada tratamiento, expresadas en kg/animal.día y porcentaje del peso vivo, se presentan en el cuadro 12, mientras que en las gráficas 7 y 8 se muestran los consumos medios diarios de MS total, de voluminoso y concentrado, en terneros y novillos, expresados tanto en kg alimento/día como en kg/100 kg de peso vivo.

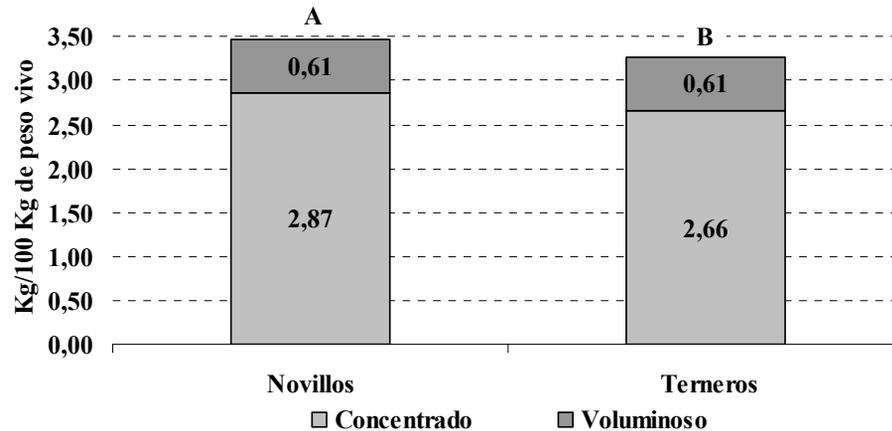
Cuadro 12: Efecto de la fuente proteica sobre el consumo de la MS total (CMST), de concentrado (CMSC), y de voluminoso (CMSV), en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento (18/07/2009 al 18/09/2009), como kg de MS/animal.día y como porcentaje del peso vivo.

	TERNEROS				NOVILLOS				Media	
	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea	Terneros	Novillos
Kg MS/animal.día										
CMSC	4,27	4,11	4,20	4,33	10,12	9,93	9,96	10,00	4,23 b	10,00 a
CMSV	0,84	0,81	0,78	0,88	1,92	1,82	1,91	1,92	0,83 b	1,89 a
CMST	5,11	4,92	4,98	5,21	12,04	11,76	11,87	11,92	5,06 b	11,90 a
Kg MS/100 Kg peso vivo										
CMSC	2,70	2,61	2,62	2,70	2,97	2,87	2,87	2,79	2,66 b	2,87 a
CMSV	0,62	0,62	0,60	0,61	0,62	0,61	0,61	0,59	0,61 a	0,61 a
CMST	3,32	3,22	3,21	3,32	3,59	3,48	3,48	3,38	3,27 b	3,48 a
Relación Voluminoso:Concentrado Ofrecido										
	19:81	19:81	19:81	19:81	18:82	18:82	18:82	18:82	19:81	18:82
Relación Voluminoso:Concentrado Consumido										
	17:83	17:83	16:84	17:83	16:84	16:84	16:84	16:84	17:83	16:84

Gráfica 7: Efecto de la fuente proteica sobre el consumo medio diario de MS total (kg/animal.día), de voluminoso y de concentrado, en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.



Gráfica 8: Efecto de la fuente proteica sobre el consumo medio diario de MS total (kg/100 kg de peso vivo), de voluminoso y de concentrado, en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.



#### 4.4. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN

La eficiencia de conversión, expresada como los kilogramos de alimento consumido por unidad de ganancia de peso, fue afectada por la categoría, con una clara superioridad de la categoría joven frente a la de terminación ( $P < 0,0001$ ). Ello fue independiente de la fuente de proteína utilizada ( $P = 0,6896$ ) (Anexo 4), y del mismo modo, no existió efecto en la interacción entre la categoría y la dieta, tal como señala el anexo 5 ( $P = 0,5363$ ).

En el cuadro 14 se presentan los valores de eficiencias de conversión de alimento en terneros y novillos de acuerdo a la fuente de proteína evaluada, para todo el periodo experimental.

Cuadro 13: Efecto de la fuente proteica sobre la eficiencia de conversión (kg alimento consumido/kg ganancia media diaria) de novillos y terneros consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

	Terneros	Novillos	Media
Expeler	6,63	10,17	8,40
Urea	6,82	10,88	8,85
Optigen	7,10	9,62	8,36
Optigen+Urea	7,10	10,53	8,82
<b>Media</b>	6,91 b	10,3 a	

#### 4.5. COMPORTAMIENTO ANIMAL

La fuente proteica aportada en las dietas de confinamiento ocasionó diferencias entre ambas categorías en el tiempo destinado al consumo de MS ( $P=0,0441$ ), lo que resultó en una mayor probabilidad de encontrar a un novillo consumiendo MS que un ternero, durante las horas de luz. Por otro lado, entre las distintas dietas no se hallaron diferencias en la probabilidad de ocurrencia de consumo de MS ( $P=0,3183$ ), independientemente de la categoría ( $P=0,2346$ ).

Del mismo modo, no existieron diferencias entre categorías, dietas e interacción entre ambas variables en el tiempo total destinado a la rumia ( $P=0,1447$ ;  $P=0,4441$ ;  $P=0,2707$ ), descanso ( $P=0,0726$ ;  $P=0,7283$ ;  $P=0,4193$ ), y consumo de agua ( $P=0,9690$ ;  $P=0,1069$ ;  $P=0,7064$ ), respectivamente. En resumen, independientemente de la categoría o la dieta, la probabilidad de encontrar a cualquiera de los animales efectuando una de dichas actividades, es la misma.

En los cuadros 15 y 16, se detalla el comportamiento animal para las distintas variables, caracterizadas como el porcentaje del tiempo y como los minutos por día dedicados a cada una de ellas durante las horas de luz (7 a 19 horas).

En las gráficas 9 y 10 por su parte, se presentan los porcentajes de ocurrencia de las diferentes actividades analizadas, según la categoría animal y la fuente proteica respectivamente.

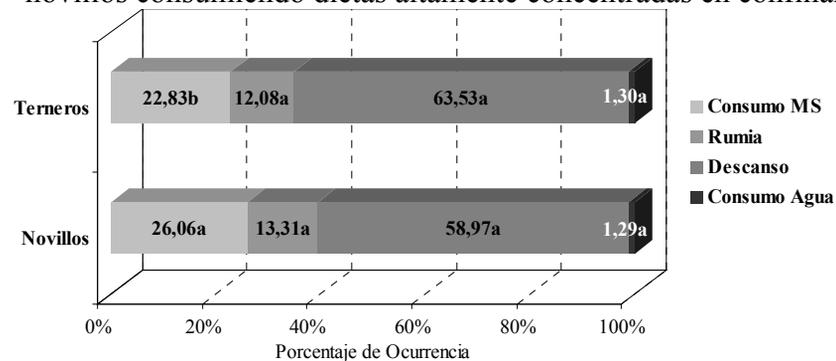
Cuadro 14: Efecto de la fuente proteica sobre el porcentaje del tiempo destinado al consumo de MS, rumia, descanso y consumo de agua, durante las horas de luz (7 a 19 horas), en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

	TERNEROS				NOVILLOS			
	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
	% del tiempo							
Consumo MS	25,6	23,3	18,8	23,6	28,1	24,4	27,5	24,3
Rumia	10,5	15,1	11,8	11,0	13,7	13,0	13,1	13,5
Descanso	62,9	59,7	68,5	63,1	56,9	60,5	58,0	60,6
Consumo agua	1,0	1,3	0,9	2,0	1,1	1,7	0,9	1,5

Cuadro 15: Efecto de la fuente proteica sobre el tiempo (minutos/animal.día) destinado al consumo de MS, rumia, descanso y consumo de agua, durante las horas de luz (7:00 a 9:00 horas), en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

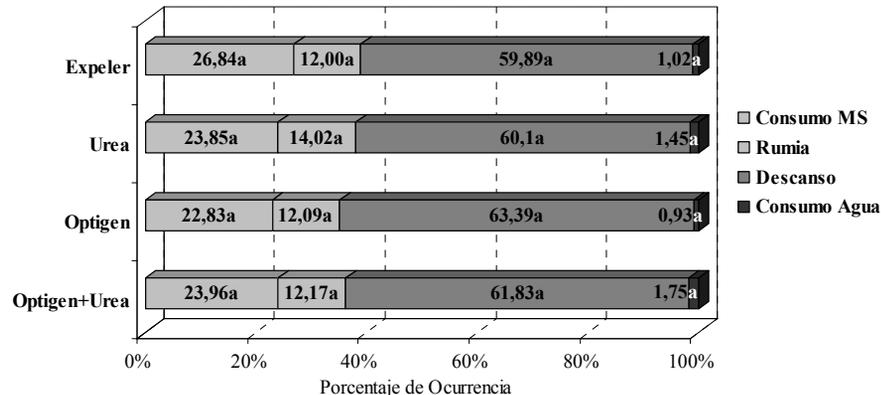
	TERNEROS				NOVILLOS			
	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
	minutos/animal.día							
Consumo MS	185	168	136	170	203	176	198	176
Rumia	76	109	85	79	99	94	95	98
Descanso	453	430	494	455	410	436	418	437
Consumo agua	8	9	7	15	8	13	7	11

Gráfica 9: Porcentaje de ocurrencia de consumo de MS, rumia, descanso y consumo de agua, durante las horas de luz (7:00 a 19:00 horas), en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.



\**a,b* difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

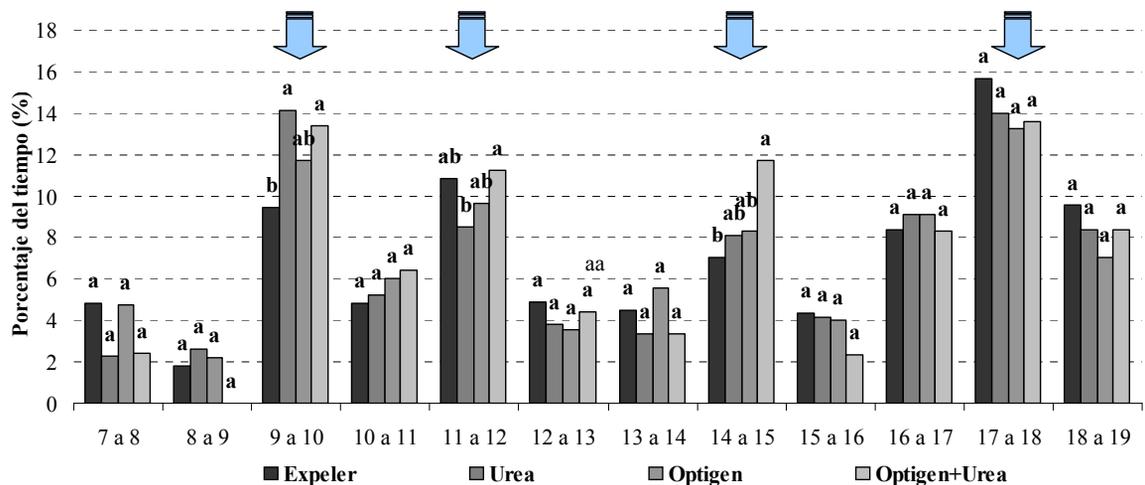
Gráfica 10: Efecto de la fuente proteica sobre el porcentaje de ocurrencia de consumo de MS, rumia, descanso y consumo de agua promedio de terneros y novillos, durante las horas de luz (7 a 19 horas), consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.



\**a,b* difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

El patrón de consumo, parámetro que indica la distribución a lo largo del día, fue analizado en periodos de una hora. De acuerdo a la fuente proteica, existió una tendencia general a no hallar diferencias significativas entre ellas; sin embargo, inmediatamente después del suministro de alimento, existe no solamente un incremento del tiempo dedicado al consumo en todas las dietas, sino también consumos distintos entre dietas en dichos horarios específicos, tal como señalan las gráficas 11, 12 y 13.

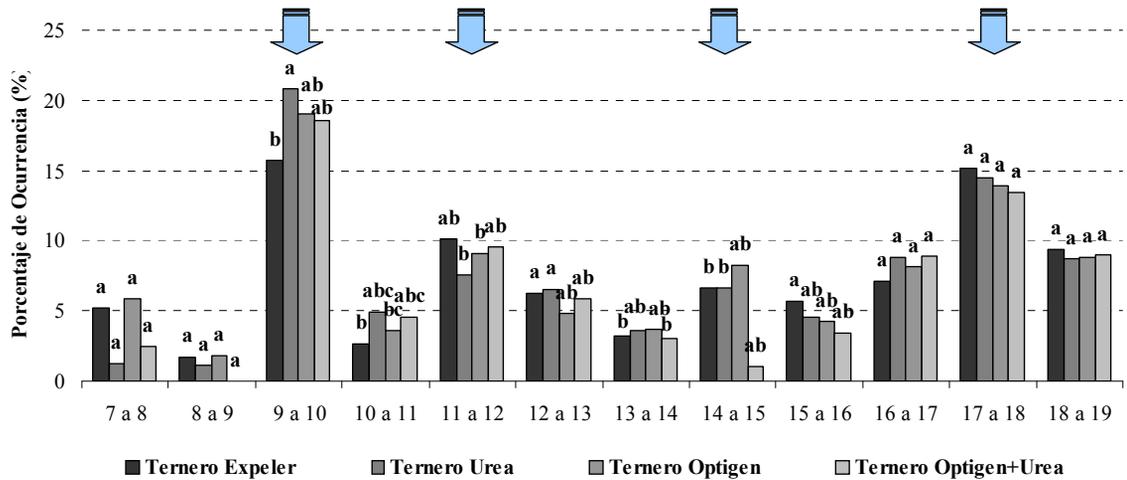
Gráfica 11: Efecto de la fuente proteica sobre el porcentaje del tiempo destinado al consumo de MS, promedio de terneros y novillos, durante las horas de luz (7 a 19 horas), consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.



\**a, b*: medias seguidas de diferente letra dentro de un mismo horario difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

\* Flechas indican momentos de suministro de comida.

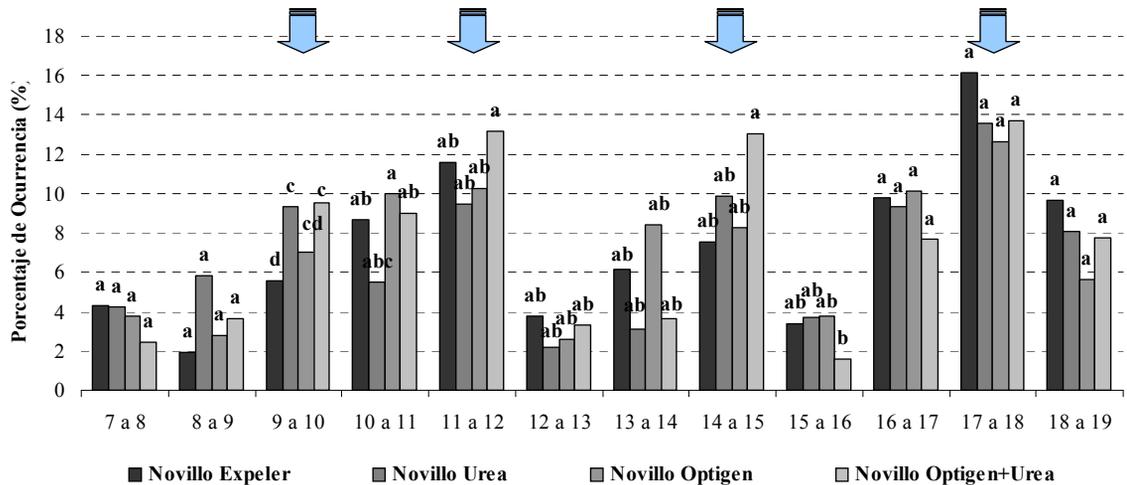
Gráfica 12: Efecto de la fuente proteica sobre el porcentaje del tiempo destinado al consumo de MS en terneros, durante las horas de luz (7 a 19 horas), consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.



\**a,b*: medias seguidas de diferente letra dentro de un mismo horario difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

\* Flechas indican momentos de suministro de comida.

Gráfica 13: Efecto de la fuente proteica sobre el porcentaje del tiempo destinado al consumo de MS en novillos, durante las horas de luz (7 a 19 horas), consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.



\**a,b,c,d*: medias seguidas de diferente letra dentro de un mismo horario difieren significativamente ( $P < 0,05$ ).

\* Flechas indican momentos de suministro de comida.

El estudio horario del patrón de consumo promedio de terneros y novillos, indica que existe una tendencia hacia el incremento del tiempo dedicado a ello, luego del suministro de cada comida. A su vez, este patrón por categoría por separado refleja la misma tendencia, sin diferencias significativas entre dietas, pero con un resultado más heterogéneo en la categoría en terminación en comparación a la de crecimiento.

En el cuadro 13 se presentan las tasas de consumo expresadas como kg de alimento/minuto para cada categorías de acuerdo a la fuente proteica evaluada.

Cuadro 16: Efecto de la fuente proteica sobre la tasa de consumo (kg alimento/minuto) en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

	TERNEROS				NOVILLOS			
	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Tasa de Consumo	0,028	0,029	0,037	0,031	0,059	0,067	0,067	0,068

#### 4.6 CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE

En el cuadro 17 se presentan las medias ajustadas por tratamiento, para características de canal y carne.

Cuadro 17: Efecto de la fuente proteica sobre características de la canal y de la carne en novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

		Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea	Efecto de la FP
CANAL	Peso Vivo Final (Kg)	390,10	381,10	379,80	377,80	ns
	Peso Vivo Faena (Kg)	366,60	357,10	358,80	353,40	ns
	Peso Canal (Kg)	198,50	194,30	195,40	192,80	ns
	Rendimiento (%)	54,13	54,40	54,44	54,48	ns
	Espesor de Grasa 1/2 (mm)	7,20	5,90	6,33	6,07	ns
	Espesor de Grasa 3/4 (mm)	6,48	5,71	5,33	6,31	ns
pH 24 horas		5,74	5,63	5,63	5,69	ns
CARNE	Color Grasa L	71,07	70,17	69,30	69,62	ns
	Color Grasa a	-5,03	-3,92	-4,53	-3,90	ns
	Color Grasa b	19,23	20,75	19,02	20,70	ns
	Color Carne L	38,75	39,27	37,98	38,75	ns
	Color Carne a	11,33	14,88	14,40	13,85	ns
	Color Carne b	15,78	17,10	16,38	16,92	ns

Una vez transcurridos los 86 días de confinamiento, la categoría en terminación alcanzó un peso promedio de 382,2 kg, sin diferencia significativa de acuerdo a la fuente proteica utilizada ( $P=0,2006$ ) (Anexo 6).

Una vez en planta, los animales fueron pesados nuevamente, determinando valores de desbaste de 6,02% en expeler, 6,03% en urea, 5,53% en Optigen, y 6,46% en la mezcla. De éste modo se alcanzaron pesos a faena también sin diferencias significativas ( $P=0,2539$ ) (Anexo 7).

Asimismo, se constató que entre las diversas dietas evaluadas no existieron diferencias significativas en el peso de la canal caliente ( $P=0,4538$ ), rendimiento ( $P=0,9136$ ), espesor de grasa subcutánea  $\frac{1}{2}$  ( $P=0,6011$ ) o  $\frac{3}{4}$  ( $P=0,7560$ ) (Anexo 8 al 11).

En cuanto a calidad de carne, el pH 24 horas post mortem, y todos los parámetros de color (luminosidad, índice de rojo e índice de amarillo), tanto en grasa como en carne, no mostraron diferencias significativas asociadas a la fuente de proteica ( $P>0,05$ ) (Anexo 12 al 18).

## **5. DISCUSIÓN**

### **5.1. REGISTROS CLIMÁTICOS**

Las variables climáticas que se presentaron durante la fase experimental, no se diferencian en gran manera de lo que sería un año promedio. Por lo tanto los resultados en performance obtenidos no se habrían visto particularmente influenciados por un “efecto año”.

### **5.2. PESO VIVO Y GANANCIA DIARIA**

En primer término, la ganancia diaria de los novillos fue claramente superior a la de los terneros (1,266 vs. 0,783 kg/día). Estos valores concuerdan con los esperados de acuerdo al ajuste inicial en base al AFRC (1993), de 0,800 kg/día y 1,300 kg/día para terneros y novillos respectivamente.

La fuente proteica *per se* no dio diferencias significativas en la performance animal, ya sea en peso como en ganancia diaria. Nutricionalmente, parecería no haber influido fuente proteica aportada, sino la cantidad de la misma. Es probable que este resultado también se deba a los componentes de las dietas, ya que fueron altamente concentradas, donde el aprovechamiento de las distintas fuentes de proteína pudo ser diferente. Al darle una mayor concentración de energía se verían favorecidas las fuentes de NNP por tener una mayor oferta de energía disponible en rumen para transformarlo en proteína microbiana, lo que significaría una mayor cantidad de proteína metabolizable para ser absorbida en el intestino. Por lo tanto se podría abrir la incógnita que a medida que se concentran las dietas, bajaría la importancia relativa de la calidad de la proteína.

Resultados del experimento llevado a cabo en cuanto a ganancia media diaria en novillos concuerdan con los de Milton et al. (1997c), quienes compararon harina de soja frente a urea en dicha categoría, donde los animales no difirieron en ganancia de peso al sustituir una fuente verdadera de proteína por una de NNP.

Sin embargo no coinciden con los del experimento de Milton et al. (1997a), quienes al comparar harina de soja frente a urea en novillos, obtuvieron mejores resultados a favor de la proteína vegetal. Esto fue atribuido a la falta de aminoácidos y péptidos que no aporta una fuente de nitrógeno no proteico y que son requeridos por parte de algunos microorganismos del rumen, llevando a que haya una menor flora microbiana comparada con la harina de soja que sí aporta dichos componentes. Tampoco coinciden Lorenzatti et al. (2004) comparando expeler de girasol frente a urea en

terneros, quienes obtuvieron mejores ganancias con expeler, pudiendo explicarse los datos por la alta cantidad de voluminoso utilizada en las dietas lo que podría interferir con la eficiencia de uso de las fuentes de NNP. Tampoco coinciden con los resultados de Pereda et al. (2008) comparando expeler de girasol con urea en terneros, donde obtuvieron mejores resultados en ganancia diaria también con la proteína vegetal, pero explicada por mayores consumos, lo que daría una similar eficiencia de conversión.

Mascardi (2007), comparando Optigen con expeler de girasol en terneros, Pereda et al. (2008), comparando expeler de girasol con urea en terneros y Simeone et al. (2008), comparando expeler de girasol con Optigen, tanto en terneros como en novillos, no obtuvieron diferencias en ganancia diaria al sustituir la fuente de proteína verdadera por la de NNP, ni tampoco hubo una respuesta diferencial según la categoría, entendiéndose por esto que dentro de una misma categoría los animales respondieron con similar ganancia diaria.

Por otro lado los resultados obtenidos concuerdan con los de Tedeschi et al. (2002), quienes compararon urea con Optigen y con la combinación de ambos, tanto en animales de recría como en animales en terminación, y Taylor-Edwards et al. (2009a), quienes comparan distintos niveles de inclusión de urea con distintos niveles de inclusión de Optigen en novillos de engorde, donde ninguno de ellos encontraron diferencia en ganancia diaria entre las distintas fuentes de NNP.

Tampoco se encontró efecto sinérgico al combinar una fuente de NNP de rápida liberación, como lo es la urea, con una de lenta liberación como es el Optigen, lo cual concuerda con resultados obtenidos por Tedeschi et al. (2002) comparando distintas combinaciones de urea y Optigen en animales de recría y engorde. Ello pone de manifiesto la duda de si la tasa de liberación de nitrógeno afectaría el sincronismo del mismo con la energía fermentada en rumen en animales alimentados a corral con alta proporción de concentrados.

Por lo tanto los resultados coinciden con los de la mayoría de los antecedentes obtenidos por distintos autores.

Cole y Todd (2008), opinan que la sincronía entre el nitrógeno y energía no es tan relevante sobre las performances, siempre y cuando se les suministre el total de los requerimientos del animal. En los casos de asincronía, el animal utilizaría métodos fisiológicos de reciclaje de nitrógeno para utilizarlo en momentos de déficit, lo que no afectaría las performances por más que este proceso consuma energía.

En el trabajo llevado a cabo, la dieta más susceptible a sufrir la no sincronización del nitrógeno con la energía sería la que contiene urea, dada su alta degradabilidad. Pero al existir un corto tiempo entre el suministro de comidas, la asincronía que se podría llegar a dar sería de menor magnitud. Por todo lo mencionado y

dado que las dietas fueron formuladas de manera de ser isoenergéticas e isoproteicas, es justificable que no haya existido diferencias en ganancia diaria entre las mismas.

El no haberse encontrado interacción entre la categoría y las distintas fuentes proteicas es consistente con la ausencia de diferencias en CMS asociado a la fuente proteica, tanto en terneros como en novillos. Esto sugiere que el aporte de PM en ambas categorías no habría sido diferente al variar la fuente de proteína en la dieta, o que la PM absorbida habría sido utilizada con similar eficiencia, o bien una combinación de ambas.

Tal como plantean Cooper et al. (2002), Taylor-Edwards et al. (2009a), cuanto mayor proporción de concentrado hay en la dieta y cuanto más fermentecible es el almidón del mismo, el aumento de requerimiento de nitrógeno por parte de los microorganismos del rumen haría posible una importante inclusión de NNP. En las dietas evaluadas, al tener estas condiciones, se les incluye altas cantidades de NNP, superando incluso los niveles óptimos de entre 0,5 a 1% de la materia seca total propuestos por estos autores, llegando hasta 1,6% en terneros con Optigen, sin haberse afectado las ganancias diarias. Esto sugeriría que en el experimento hubo un uso exitoso del nitrógeno aportado por las distintas fuentes de NNP por parte de los microorganismos.

En cuanto al efecto de la fuente de energía, los resultados obtenidos concuerdan con los de Simeone et al. (2008), quienes no encontraron diferencias en ganancia diaria al sustituir una fuente de proteína verdadera (expeler de girasol) por otra de NNP de lenta liberación (Optigen), utilizando grano de sorgo seco y molido como fuente de energía.

Por otro lado, Lorenzatti et al. (2004), no acusan buenos resultados al sustituir harina de girasol por urea, dando menores ganancias. En este caso la dieta presentaba un contenido de fibra mayor a 50%. Esto significaría una menor energía metabolizable por kilogramo de alimento, con una menor fermentabilidad, lo que indicaría una menor cantidad de energía disponible para captar el amoníaco del rumen para transformarlo en proteína microbiana, dando un uso ineficiente del N aportado por la fuente de NNP.

Por lo tanto la alta concentración de granos en la dieta podría ser uno de los motivos que llevasen a los resultados dados al incluir las fuentes de NNP.

### 5.3. CONSUMO

Según el NRC (1996), el consumo se regula mediante distintos mecanismos dependiendo de la dieta. Si la misma es de baja concentración energética, que seguramente tendrá una alta proporción de fibra, el consumo será regulado por mecanismos físicos relacionados directamente con el llenado del rumen y con la tasa de pasaje. Sin embargo, si la dieta es de alta concentración energética, será regulado a través de factores metabólicos, que a diferencia de los factores mecánicos, el consumo es más estable.

Los consumos medios expresados en porcentaje de peso vivo para terneros y novillos difirieron significativamente y fueron de 3,27 y 3,48% respectivamente. Esto no concuerda con lo que expresa Pordomingo (2005), donde los animales más jóvenes en régimen de consumo voluntario comen más en términos relativos que los animales de mayor edad. Los consumos obtenidos por terneros dan acorde con los propuestos por dicho autor, que establece que esta categoría come de materia seca normalmente entre el 2,8 y el 3,2% de su peso.

Uno de los motivos que podría estar explicando estos altos valores de consumo es la sobreestimación del mismo. Para calcular el consumo se realizó la diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado, donde el desperdicio de la comida que cae fuera del comedero formaría parte del consumo, tomando valores más altos de lo que realmente fueron.

Los novillos por su parte, excedieron los valores normales de consumo de entre 2,6 y 2,8% que estima el mismo. Una posible causa de ello podría ser la alimentación anterior, ya que previo al comienzo del experimento ésta se vio algo restringida debido a falta de forraje en el campo. Ésta restricción podría haber determinado consumos mayores a los esperados en la fase de confinamiento, tal como señalan Sainz et al. (1995). El mismo evaluó cómo se ve afectado el consumo en animales de corral según la alimentación previa que presentaron, señalando que animales con restricción alimenticia previa a la entrada del corral pueden aumentar su consumo en alrededor de un 20%.

Fox et al. (1988), indican que el nivel de engrasamiento del animal también es un factor que afecta el consumo animal, estableciendo que a medida que aumenta en un 1% la grasa corporal, el consumo de materia seca disminuye alrededor de un 2,7%. Al haberse encontrado los novillos utilizados en el experimento en un suceso de restricción previo a su encierre, poseían un nivel mínimo de engrasamiento, probablemente debido a la utilización de reservas corporales, lo que podría estar explicando en parte los altos consumos resultantes.

En términos absolutos los novillos también comieron más que los terneros, lo que concuerda con lo propuesto por el AFRC (1993), donde animales de mayor peso

tienen tanto mayores costos de mantenimiento como de requerimientos de producción en términos de energía metabolizable, dado un nivel de ganancia. Pordomingo (2005), establece que cuanto más liviano es el animal, mayor es la proporción de músculo, hueso y agua que de grasa, siendo esta última caracterizada por su muy alto costo energético de deposición, por lo que hace aún más caro energéticamente ganar un kilo de peso vivo en animales pesados.

La tasa de consumo por su parte, parecería no verse afectada por la fuente de proteína, pero sí por la categoría, lo cual podría estar explicado por mayores pesos de bocado.

Entre la fuente de proteína verdadera y la de NNP, no existieron diferencias significativas, ni tampoco las hubo entre las fuentes de NNP entre sí, lo que indicaría que no las habría en consumo con el uso de cualquiera de las fuentes evaluadas, manteniéndose un mismo nivel total de proteína bruta. Dichos resultados eran teóricamente esperables dado que las dietas fueron formuladas de manera isoenergética e isoproteica. Esto concuerda con los trabajos de Rennó et al. (2005), Magalhães et al. (2006), quienes evaluaron las performances con niveles crecientes de urea llegando hasta el 1,95% de la materia seca total, sin haberse afectado el consumo entre las distintas inclusiones de NNP, por más que los dos experimentos sobrepasaran el potencial de fermentación de la urea, que es la cantidad de urea adicional que se puede añadir en la dieta para la optimización del crecimiento bacteriano.

Según Parish y Rhinehart (2008), si una dieta es deficitaria en proteína, va a afectar negativamente al consumo de materia seca, debido a que las bacterias del rumen no podrán tener el crecimiento adecuado como para realizar una adecuada digestión del alimento, disminuyendo así la digestibilidad y la tasa de pasaje, afectando por lo tanto el consumo. Justamente, entre las dietas evaluadas no se encontraron diferencias de consumo, lo que indica indirectamente un adecuado crecimiento bacteriano en el rumen sin déficit de proteína para los mismos.

Con los altos consumos obtenidos, podrían haber aparecido síntomas de toxicidad por urea en los tratamientos con aquel de rápida liberación como fuente proteica. Fernández (2008), establece que el umbral de toxicidad de la urea estaría en un consumo de entre 40 y 50 gramos cada 100 kilogramos de peso vivo. En dicho tratamiento, terneros y novillos ingirieron en promedio 44,56 y 34,63 gramos de urea cada 100 kilogramos de peso, lo que indica que la categoría joven estuvo dentro del umbral de toxicidad y los novillos cercano a él. No obstante, no se visualizó ningún tipo de síntoma ni de dificultad en los animales, por lo que en este trabajo no se pudo observar en ningún momento la ventaja del Optigen en cuanto a su control de la toxicidad.

Según Escalona et al. (2007), la urea al llegar al rumen es reducida a amoníaco, en donde sus tres posibles destinos son: el ser captado por los microorganismos para formar proteína microbiana, pasar hasta el intestino donde va a ser absorbido por las paredes del mismo hacia el torrente sanguíneo, o pasar al torrente sanguíneo desde el rumen a través de sus paredes. El nitrógeno en forma de amoníaco es tóxico para el animal, por lo que una vez que pasa al torrente sanguíneo es llevado al hígado para ser transformado en urea.

En dietas altamente concentradas y con grano procesado para favorecer su digestión, la cantidad de cetoácidos libres para ser captados por los microorganismos para formar más biomasa microbiana es abundante, por lo que en este caso el uso de nitrógeno aportado por la fuente de NNP sería eficiente.

Zinn et al. (2003), realizaron estudios ruminales en dietas con distintos niveles de urea, donde vieron que durante la primer hora luego del consumo, el pH ruminal tiene un aumento debido a la reducción de la urea a amoníaco, proceso por el cual se absorbe hidrógeno del medio, alcalinizándolo. Los resultados obtenidos por estos autores en dietas altamente concentradas con inclusiones de urea de hasta 1,2% del total de la MS, no elevaron el pH a valores superiores a 6,5. Al transcurrir el tiempo, luego de la primer hora, el pH comienza a disminuir nuevamente debido al aumento de la concentración de ácidos grasos volátiles producto de la fermentación.

Stritzler et al., citados por Garriz y Lopez (2002), establecen que la absorción de amoníaco a través de las paredes es muy baja cuando el pH del rumen es menor a 7, tornándose importante a partir de este valor. Al no haberse realizado medidas de pH durante el experimento se podría hacer la suposición que quizás al haberse utilizado dietas altamente concentradas que captan el amoníaco y con una alta frecuencia de suministro de comidas durante el día, llevaría que los consumos de NNP en un mismo momento no fueran excesivos, el pH ruminal se mantuviese por debajo de 7 haciendo que la absorción de amoníaco a través del rumen fuese baja manteniéndose disponible para los microorganismos por más tiempo, y no disminuyendo por lo tanto en gran magnitud la eficiencia de uso del nitrógeno.

#### **5.4. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN**

La sustitución de la proteína vegetal por NNP, no afectó la EC de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas, y ésta respuesta se observó independientemente de la tasa de liberación del N en el rumen, ya sea de rápida liberación (urea), de lenta liberación (Optigen), o la mezcla de ambos en una relación 1:1, lo que permite suponer que es posible sustituir en su totalidad la proteína verdadera por una fuente de NNP.

De acuerdo a Di Marco (2006), en la EC inciden el alimento, la formulación de la ración, el suministro del alimento y el manejo del animal. Sin embargo, existen también procesos dentro del animal mismo que regulan la eficiencia, por lo que se procura controlar los procesos metabólicos a modo de alcanzar animales más eficientes.

Continúa explicando que se ha determinado que el consumo, la digestión, la actividad voluntaria y la composición corporal, llegan a explicar 1/3 de las variaciones, mientras que el restante se da por mecanismos que controlan la producción de calor, inherentes al alimento, la forma de alimentar a los animales y al metabolismo de los mismos.

Waldo (1973), Johnson (1976), Philippeau (1999a), enfatizan sobre el rol de la energía en la eficiencia de utilización del nitrógeno, y Satter y Roffler (1988), Mac Loughlin (2007), la señalan como probablemente la fuente de variación más importante.

Manella (2008), plantea que a modo de mejorar la eficiencia de la ganancia de peso, se deben adecuar las dietas para lograr una digestión más eficiente, lo que implica mayor actividad y crecimiento de los microorganismos del rumen. Ello permite una digestión óptima del alimento, incrementándose los AGV como fuente de energía y la cantidad de bacterias con proteínas de alta calidad que serán digeridas posteriormente a nivel del intestino.

Waldo (1973), Philippeau et al. (1999a), encontraron que el escape de almidón a la degradación ruminal y hacia el intestino, mejora la eficiencia de utilización de la dieta por su digestión directa, afecta el sitio de digestión del nitrógeno y logra mejorar la eficiencia de conversión de la MS.

Por lo tanto, los resultados disímiles no solo estarían determinados por un cambio en la fuente de proteína, sino que son diversos los mecanismos que determinan la EC.

#### **5.4.1. Efecto de la categoría sobre la eficiencia de conversión**

La categoría animal es una variable con claro efecto sobre la eficiencia de conversión, básicamente debido a la diferencia en partición de la energía consumida entre novillos y terneros.

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

partir de allí es que existe exceso de energía metabolizable, la que es destinada a ganancia de peso, por lo tanto, al incrementar el consumo de energía, diluye el costo de mantenimiento y aumenta así su eficiencia (Figura 4).

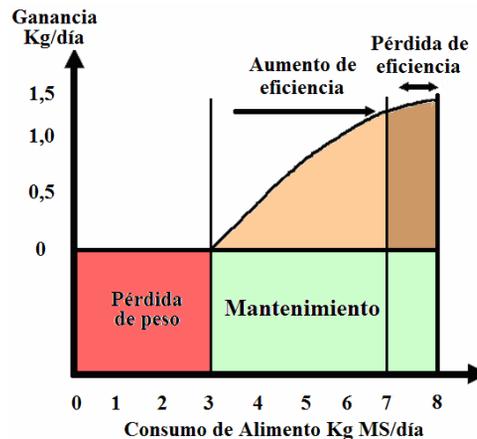


Figura 4: Relación entre consumo de materia seca y ganancia media diaria (Di Marco, 2006).

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

Del mismo modo, Pordomingo (2005), señala que a medida que aumenta el peso vivo de los animales y el nivel de engrasamiento, empeora la EC.

El mismo autor establece que las categorías más jóvenes y livianas no manejan con la misma eficiencia el nitrógeno que los novillos. Sin embargo, son las que presentan mayor EC debido a dos factores: al menor mantenimiento de la masa corporal y mayor contenido de energía destinada a crecimiento y deposición de grasa, y en segundo término, a la composición de la ganancia, siendo de mayor proporción de músculo que de grasa.

Por lo tanto, de todo lo anterior se deduce que los terneros son generalmente más eficientes que los novillos, indistintamente de la fuente proteica utilizada, tal como demuestran los resultados del presente trabajo.

#### **5.4.2. Efecto de la sustitución de la proteína verdadera por NNP de rápida liberación**

Los resultados señalan que la EC no se ve modificada por efecto de la sustitución de la proteína verdadera por NNP bajo la forma de urea, independientemente de la categoría. Ello coincide con lo enunciado por Cooper et al. (2002), Tedeschi et al. (2002), Pereda et al. (2008), pero no así con los resultados de Milton et al. (1999a, 1999c), Lorenzatti et al. (2004), por lo que se presume entonces que no siempre se esperará una respuesta positiva como resultado de la sustitución.

Mac Loughlin (2007), establece que cuando se compara una fuente de proteína verdadera con NNP, los resultados varían según la concentración energética de la dieta. Cuando el alimento es de baja calidad, la adición de NNP bajo la forma de urea genera una respuesta menor o nula, mientras que si se adiciona a un alimento de alta concentración energética, no se encuentran diferencias en productividad. Del mismo modo, Satter y Roffler (1988), enuncian una mayor eficiencia del amoníaco cuando la fuente de energía va acompañada de bajas cantidades de forraje, ya que ostenta mayor energía fermentecible.

Pereda et al. (2008), en terneros Bradford con una oferta de alimento *ad libitum*, no hallaron diferencias significativas en eficiencia de conversión cuando sustituyeron expeler de girasol (7,71:1) como fuente proteica por urea (7,27:1) ( $P > 0,05$ ).

Experimento similar llevaron a cabo Lorenzatti et al. (2004), con terneros de razas británicas y sus cruza, consumiendo *ad libitum* y con dos niveles de sustitución, con un 50% y con un 100% de urea. El testigo, 100% harina de girasol, no difirió significativamente del de 50% de sustitución, 8,18 y 7,72 respectivamente, pero si se diferenciaron de aquel solo con urea, mucho más ineficiente, con una EC de 13,08 ( $P < 0,05$ ).

En novillos, al sustituirse el expeler de girasol por urea, no se observó diferencia alguna, ubicándose en torno a 10 la EC. Los resultados no coinciden con los de Milton et al. (1997a, 1997c), donde evaluaron la sustitución de harina de soja por urea para tres niveles de proteína, 10,5%, 12% y 14%, en novillos cruza británico con continental consumiendo *ad libitum*. Excepto para el nivel más bajo de proteína, en los restantes existió diferencia significativa entre ambas fuentes, a favor de la harina ( $P < 0,10$ ). En el caso de la urea, los valores fueron de 6,75, 7,81 y 7,51 respectivamente, mientras que para la proteína verdadera, 6,71, 7,19 y 6,89 para niveles crecientes de proteína.

En el caso de las dietas del ensayo llevado a cabo, el aporte de proteína se ubicaba en 11,5%. Puede constatarse en las EC conseguidas por Milton et al. (1997a), que a bajos niveles de inclusión, no se hallaron diferencias, sin embargo, a medida que

se incrementaban, mayores eran las diferencias. Por ello, podría determinarse que, en cierta medida, los resultados se asemejan, no en el valor de EC en sí misma, sino en la comparación de EC entre fuentes.

Distinta es la situación cuando se evalúan diferentes niveles de inclusión de urea en la dieta. Cooper et al. (2002), manejando dos tipos de fuente de energía, grano húmedo de maíz y steam-flaked de maíz en animales cruza, Milton et al. (1997b) empleando grano seco de maíz también en animales cruza, y Taylor-Edwards et al. (2009a) utilizando ensilaje de maíz en novillos Angus, todos ellos *ad libitum*, llegan a concluir mayores conversiones del alimento consumido a medida que se incrementa la cantidad de urea en la dieta, independientemente de la fuente de energía utilizada.

Del mismo modo, Tedeschi et al. (2002), realizaron estudios en novillos Angus consumiendo *ad libitum*, donde comparan diferentes niveles de inclusión, pero en los que se aportan el 50% y el 100% de la proteína faltante con urea. Concluyen en ambos, que sin importar la fuente de energía utilizada, a mayor cantidad de urea en la dieta, mejora la conversión ( $P < 0,05$ ).

Probablemente los resultados se deben a una mayor utilización del nitrógeno por los microorganismos del rumen, pues los testigos no cuentan con proteína más que con la aportada por la fuente de energía. Ello permite que las bacterias tomen el amoníaco que la urea deja libre en el rumen, y así sintetizar proteína y mejorar la ganancia animal.

#### **5.4.3. Efecto de la sustitución de la proteína verdadera por NNP de lenta liberación**

A diferencia de la urea, el nitrógeno de lenta liberación permite un uso más eficiente del amoníaco liberado en rumen. Johnson (1976), resalta la importancia que radica en la velocidad de degradación ruminal de los distintos tipos de carbohidratos sobre la eficiencia de utilización del nitrógeno, especialmente por las fuentes de NNP. El sincronismo entre los sustratos nitrogenados y energéticos aumentaría la utilización del alimento consumido y reduciría las pérdidas nitrogenadas, disminuyendo el impacto ambiental (Swensson y Borsting et al., citados por Martínez, 2009).

Según Swensson y Borsting et al., citados por Martínez (2009), el NNP de lenta liberación beneficiaría ese sincronismo si se lo compara con la urea, ya que la sincronía entre los carbohidratos y el nitrógeno en rumen estaría determinando una mayor síntesis de proteína, lo que se traduciría en una mejor EC.

Sin embargo, los resultados señalan que no existieron diferencias, por lo que es posible sustituir en su totalidad la proteína verdadera por NNP de lenta liberación,

coincidiendo con los resultados de Tedeschi et al. (2002), Mascardi (2007), Simeone et al. (2008), Taylor-Edwards et al. (2009b).

Utilizando una fuente de NNP de liberación lenta como sustituto de la proteína vegetal, Mascardi (2007), comparó la performance de terneros Aberdeen Angus consumiendo expeler con aquellos consumiendo Optigen, ambos de forma *ad libitum*. No observó diferencias entre ellos, dando como resultado eficiencias de 7,64 y 7,59 para el expeler y Optigen respectivamente ( $P>0,05$ ).

Un año más tarde, Simeone et al. (2008), tampoco hallaron diferencias en EC en terneros y novillos Hereford, alimentados *ad libitum*. Evaluaron la performance al sustituir expeler de girasol por Optigen, con aporte de 10% de proteína cruda en la dieta, alcanzando eficiencias de 6,40, y 7,40 en animales de recría, y 8,40 y 8,50 en aquellos en terminación ( $P>0,01$ ).

Taylor-Edwards et al. (2009a), en novillos Holando con consumo *ad libitum*, estudiaron niveles crecientes de Optigen en la dieta, incrementando de a 0,4% desde 0% hasta 1,6%. Llegaron a observar la misma respuesta que obtuvieron con la urea, donde mayores inclusiones determinaban menor eficiencia. De todas formas, con niveles de 0,4% y 1,6% de inclusión, el Optigen superaba a la urea, sin diferenciarse en las cantidades medias.

Semejantes experimentos llevaron a cabo Tedeschi et al. (2002), que al igual que hicieron con urea, compararon dietas con 50% y 100% de aporte de proteína con Optigen de acuerdo a la faltante que había. Deducen en ambos que el incremento de Optigen aumenta la conversión. A su vez, llegan a la conclusión de que mayores cantidades aportadas en la dieta de NNP, ya sea de lenta o rápida liberación, ocasiona mejores EC, sin diferenciarse significativamente ( $P<0,05$ ).

Al no encontrarse respuesta positiva, tanto por la sustitución con Optigen como por urea, se evaluó una dieta cuyo aporte de proteína estuviera dado mitad por urea y mitad por Optigen. Se buscaba observar si existía beneficio en la mezcla de dos fuentes que variarán en la tasa de liberación del nitrógeno, a modo de aprovechar con la urea la fracción de carbohidratos más rápidamente fermentables, y con el Optigen aquellos lentamente fermentables.

Ello llevó a plantearse el hecho de si en los animales existe la posibilidad de generar mejores respuestas, si existe un sinergismo, en caso de aportar la mezcla de ambas fuentes de NNP de diferente tasa de liberación.

Tedeschi et al. (2002), evalúan la performance de novillos cuando le aportan, de lo que les falta de proteína, 25% como urea y 25% como Optigen. Justamente, la EC lograda no difiere significativamente ni de 50% urea, ni de 50% Optigen, ubicándose

equidistante de ambas. Por tal motivo, incumbe suponer que no existiría un sinergismo entre ambas fuentes, sino que se lograría un resultado promedio.

No obstante, las investigaciones no se detuvieron allí, y experimentaron distintos niveles de sustitución entre ambas fuentes de nitrógeno no proteico, buscando hallar la mejor combinación de una y otra. Señalan que no existieron diferencias significativas entre los resultados obtenidos, ya sea cuando se aportó 100% urea, 66% urea - 34% Optigen, 34% urea - 66% Optigen o 100% Optigen. En ambos casos las EC rondaron los 6 kg de alimento/kg de ganancia, pero con cierta tendencia a mejores valores con 1/3 urea - 2/3 Optigen.

En resumen, los datos recabados del experimento no contrastan de los antecedentes señalados, pues no difirieron significativamente las EC, ya sea con NNP de lenta liberación o de rápida liberación.

Asimismo, no solo no existe respuesta benéfica por el hecho de alimentar con NNP solo, sino que su uso en mezcla 1:1 tampoco mejora la respuesta, tanto en la categoría joven como en la de terminación.

## **5.5. COMPORTAMIENTO ANIMAL**

Según resultados, durante las horas con luz solar (de 7 a 19 horas) el patrón de descanso fue el más probable en la actividad animal, dedicando a este el 63,59 y 58,98% del tiempo, en terneros y novillos respectivamente. El resto del tiempo lo dedicaron a las actividades de consumo de materia seca, 22,73 y 26,03%, rumia, 11,82 y 13,31% y consumo de agua, 1,24 y 1,25%, en terneros y novillos respectivamente.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Stricklin et al. (1979), quienes estudiaron los patrones de comportamiento en animales en engorde a corral, donde el dominante fue el descanso. Estos autores evaluaron los patrones de comportamiento entre una dieta de proteína verdadera (harina de girasol) con otra de NNP (urea), en donde al igual que este experimento, no encontraron diferencias entre el porcentaje de ocurrencia de cada actividad.

Stricklin et al. (1979), encontraron que la ganancia diaria tiene una correlación positiva con el descanso y negativa con el patrón de estar parado. Por otro lado, el tiempo dedicado al consumo no afectaría esta performance.

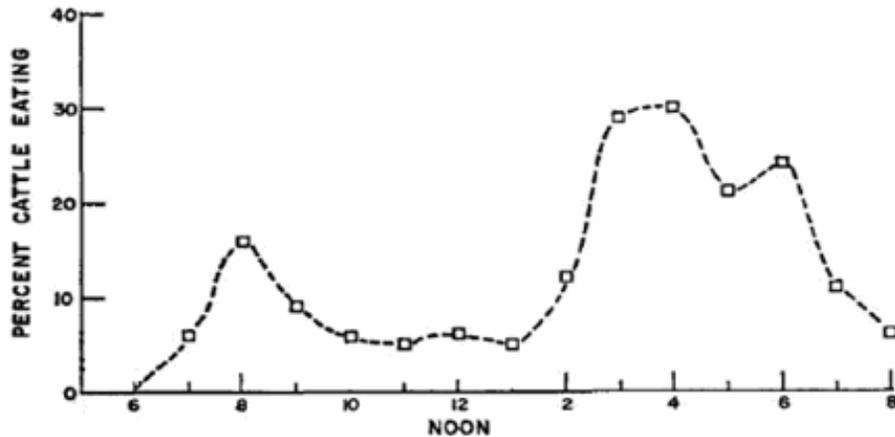
Los resultados obtenidos también concuerdan con los de Robles et al. (2007), quienes estudiaron el comportamiento en vaquillonas alimentadas a corral, variando la frecuencia de suministro de comida. Ellos no encontraron diferencias en el tiempo

dedicado a los distintos patrones de comportamiento al dar la comida una, dos, tres o cuatro veces al día. Lo que si se afectó es la frecuencia de veces en que el animal iba al comedero, donde a medida que aumentaban la cantidad de comidas diarias ésta aumentaba. En todos los tratamientos los resultados son similares a los obtenidos en este experimento, donde el 64,2% del tiempo lo dedicaban a descansar, mientras que el resto lo dedicaban a rumiar (24,1%), a comer (9,9%) y a tomar agua (1,8%). En este caso la actividad de rumia toma más importancia dado que dentro de los corrales se les colocaba un fardo, por lo que el consumo de fibra era mayor.

En cuanto al consumo en particular, para las dietas del experimento en estudio ofrecidas *ad libitum* y suministradas cuatro veces diarias (8, 11, 14:30 y 17:30 horas), existió una tendencia a que haya dos grandes momentos dedicados a este patrón de comportamiento. El primero fue temprano en la mañana luego del suministro de la primer comida, y el otro a media tarde y hasta el atardecer, quedando un lapso entre los dos picos donde el tiempo dedicado al consumo se deprimió pero no del todo. Esto concuerda con un trabajo realizado por Ray y Roubicek (1971), donde se evaluó el comportamiento animal dentro del corral y se obtuvieron resultados similares.

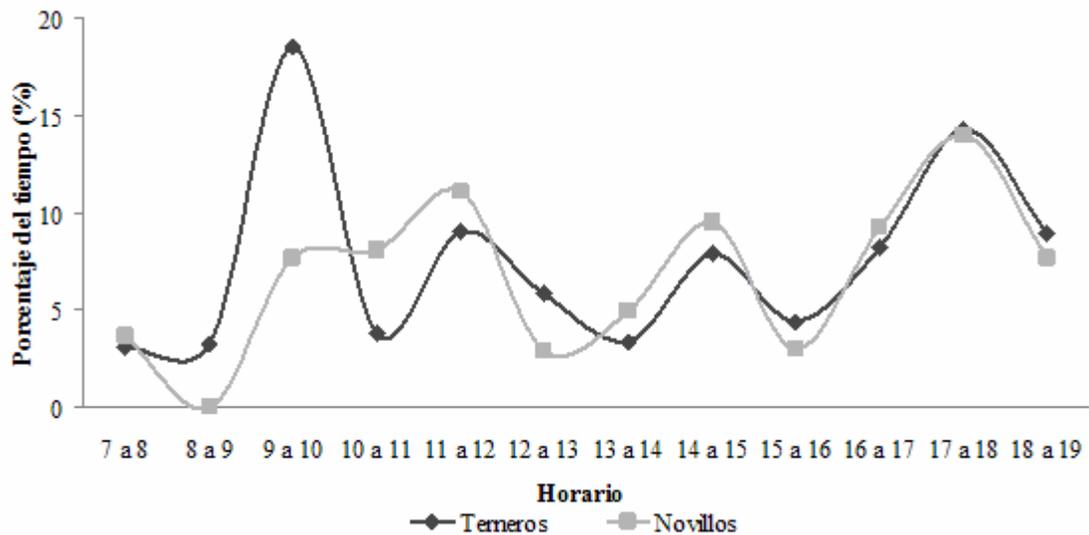
Las gráficas 14 y 15 muestran la similitud entre los dos trabajos en cuanto a los momentos donde se genera la máxima concurrencia a los comederos. Según los autores, las distintas temperaturas y estaciones pueden afectar notoriamente los patrones de comportamiento, pero para este caso los dos trabajos son perfectamente comparables dado que los climas entre las dos localidades (Paysandú y Arizona) son similares.

Gráfica 14: Actividad de consumo de novillos en confinamiento en la localidad de Arizona, Estados Unidos.



Fuente: Ray y Roubicek (1971).

Gráfica 15: Evolución horaria del porcentaje del tiempo dedicado al consumo de MS terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.



Otra concordancia entre los dos trabajos son los aumentos de tiempo dedicado al consumo que se generan luego del suministro de las comidas, donde para el ensayo mencionado se marcan dos momentos de abastecimiento (8 am y 3 pm), y para el experimento llevado a cabo son cuatro los momentos (8, 11, 14:30 y 17:30 horas), cada uno con sus subsiguientes picos de concurrencia de los animales hacia los comederos.

Lagreca et al. (2008), obtuvieron resultados similares al encerrar terneros, donde los momentos más importantes de consumo se dieron entre las 8 y 10 de la mañana y entre las 16 y 18 horas. Al igual que en este trabajo, el menor consumo se registró durante el mediodía entre las 12 y 14 horas, dedicando este momento del día principalmente al descanso y rumia.

Durante las horas del mediodía, observar a los animales descansando comprendió el patrón más común, además de aumentar la probabilidad de encontrar animales consumiendo agua, debido seguramente al aumento de la temperatura durante este momento del día.

De acuerdo a las distintas dietas, se evaluó la posibilidad de que existiesen diferencias entre la fuente de proteína verdadera y las de NNP, debido a una mayor concentración de grano molido de sorgo en las segundas. Sin embargo, el hecho de variar la fuente de proteína no influyó sobre ninguno de los patrones de comportamiento, por lo que se dedujo que diferentes tasas de liberación de N no tendrían relevancia sobre ellos.

## **5.6. CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA CARNE**

La calidad de la carne ha sido un factor de creciente importancia en los últimos años, y cada eslabón de la cadena productiva: productor, intermediarios, industria y finalmente consumidor, se vuelven cada vez más exigentes en la calidad del producto.

Al productor le interesa lograr una mayor eficiencia en su producción, buscando utilizar menos factores de producción para lograr en menor tiempo, canales de mayor peso y de mayor rendimiento.

Al industrial por su parte, no sólo le concierne un elevado rendimiento inicial, sino a su vez el rendimiento pero en cuanto a valoración comercial de la canal, es decir, obtener carcasas con el menor desperdicio posible, ya que se traduce en un menor beneficio económico. Por ejemplo, canales con sobreengrasamiento excesivo conducen a una gran desvalorización, por ello existen en la actualidad mínimos de cobertura según el mercado.

Al consumidor sin embargo, como eslabón final de la cadena, le interesan las características intrínsecas de la carne, como el color, la terneza o el sabor. Por ello las demandas varían de acuerdo al mercado, pues las preferencias del consumidor son diferentes, como ser que exijan ciertos grados de engrasamiento, variando desde carnes magras hasta carnes con elevada grasa intramuscular.

### **5.6.1. Peso vivo final y peso pre faena**

Los pesos registrados al finalizar el experimento fueron 390,1 kg, 381,1 kg, 379,8 kg y 377,8 kg para las dietas de expeler, urea, Optigen y Optigen+urea respectivamente. Previo a la faena los pesos disminuyeron a 366,6 kg, 357,1 kg, 358,8 kg y 353,4 kg respectivamente.

Los animales presentaron una disminución de peso vivo por desbaste desde que salen del sistema de producción hasta momentos previos a la faena debido a una falta de consumo de alimento durante ese lapso de tiempo.

Según Castro y Robaina (2003), con pocas horas de ayuno previo, las pérdidas mayores se dan por desbaste, que es la pérdida de materia fecal, orina y evaporación a nivel de la piel. Cuando las horas de ayuno y de transporte son largas, a lo antes mencionado se le agrega la pérdida a través de tejidos, que se produce fundamentalmente por vía de evaporación de agua a través de los pulmones, ocasionando deshidratación de tejidos que forman parte de la canal. Este factor además puede ser afectado por el tipo genético, el peso, e inclusive debido a la alimentación, ya sea por la cantidad como por su composición.

Di Marco (2002b), menciona que los animales alimentados a corral tienden a tener un desbaste ligeramente menor a los alimentados a pasturas. Indica que luego de 24 horas de ayuno un animal alimentado con alta proporción de concentrado debería de tener un desbaste de entre 6 y 7% de su peso vivo.

Los animales evaluados tuvieron un período de ayuno cercano a las 24 horas, donde presentaron una disminución de peso de entre 21 y 24,4 kilogramos para las distintas dietas, lo que representaría una disminución de peso vivo promedio de alrededor de 6,1%. Este valor se encuentra entre los antes mencionados por Di Marco (2002b) para desbaste. Por lo tanto, la disminución de peso de los novillos se le atribuye debido a este proceso.

Dado que las dietas tenían la misma relación de concentrado y voluminoso, era esperable que no se dieran diferencias en desbaste, ya que la fibra posee menor digestibilidad, requiriendo un mayor tiempo en el rumen para su degradación, lo que llevaría a menores valores de desbaste.

### **5.6.2. Peso de canal caliente y rendimiento**

Ya faenados los animales y luego del sangrado, eviscerado, desollado y quitadas sus extremidades, resulta como remanente lo comúnmente denominado canal caliente, lo que constituye un factor de gran importancia para la industria.

Los pesos de canal caliente no presentaron diferencias significativas entre dietas, obteniéndose pesos de 198,5 kg, 194,3 kg, 195,4 kg y 192,8 kg para expeler, urea, Optigen y Optigen+urea respectivamente.

La variable rendimiento de res para los novillos evaluados coincide con lo citado por Gorrachategui (1997), quien afirma que el rendimiento puede oscilar habitualmente entre 50% y más de 60%, dependiendo de la ingesta energética, quien a su vez depende de la concentración de la dieta, peso vivo, días de engorde, raza y sexo, entre otros. El peso de la canal caliente de estos animales, tuvo un promedio entre las cuatro dietas de 195,3 kg, dándose un rendimiento de 54,4% respecto al peso de faena, lo que concuerda con los datos del autor, y que a su vez, es aproximado también a los resultados obtenidos por Gallo y Gattica (1995), con novillos de 522 kg y con 36 horas de ayuno, quienes obtuvieron un rendimiento en caliente de 55,2% y un rendimiento de la res en frío de 54,7%; siendo valores cercanos a los rendimientos obtenidos para cada una de las dietas.

Freeman et al., citados por Gorrachategui (1997), afirman que la proteína no tiene incidencia práctica en los rendimientos de la canal, solo en niveles extremos puede modificar los resultados esperados, lo que concuerda con los resultados obtenidos donde las distintas fuentes proteicas, tanto de proteína verdadera como de NNP, no dieron diferencias significativas para esta variable.

Peterson et al. (1973), observaron mejores rendimientos a medida que se aumentaba la energía, posiblemente debido al menor contenido gastrointestinal, ya que no se observaron diferencias significativas en el estado de engrasamiento de las canales ni con los niveles de energía, ni con los de proteína estudiados. Por lo tanto, al haber sido isoenergéticas las dietas utilizadas y al registrarse un igual consumo, se justifica la falta de diferencias en rendimiento.

### **5.6.3. Espesor de grasa subcutánea**

Las mediciones de espesor de grasa para  $\frac{1}{2}$  del área de ojo de bife tomaron valores de 7,2 mm, 5,9 mm, 6,33 mm y 6,07 mm, y las mediciones en  $\frac{3}{4}$  del área de ojo de bife las medidas obtenidas fueron de 6,48 mm, 5,71 mm, 5,33 mm y 6,31 mm para las dietas de expeler, urea, Optigen y Optigen+urea respectivamente. Ni para los valores de  $\frac{1}{2}$  área del ojo de bife como los de  $\frac{3}{4}$ , las diferencias fueron significativas.

En cuanto a la deposición de grasa subcutánea, Sainz et al. (2004) mencionan que aumenta al consumirse una mayor concentración de energía. Esto sucedería cuando el consumo de energía supera los requerimientos de mantenimiento. Por lo tanto habría una relación entre la deposición de grasa subcutánea con el excedente de energía.

En el experimento evaluado, la edad de los animales y sus respectivos pesos eran similares dentro de cada categoría. Al haber sido las dietas isoproteicas e isoenergéticas, y al no presentarse diferencias en consumo, la energía ingerida por día no difiere dentro de cada categoría. Por lo tanto el excedente energético es semejante dentro novillos y terneros, por lo que no debería existir diferencia en la deposición de grasa subcutánea, tal como se observó en los resultados dados en los novillos una vez terminado el confinamiento, donde el espesor de grasa en  $\frac{1}{2}$  como  $\frac{3}{4}$  de bife no presentó diferencias significativas entre las distintas dietas evaluadas.

Los valores para esta variable obtenidos rondaron en 5,9 y 7,2 milímetros en  $\frac{1}{2}$  del bife para los distintos tratamientos, valores que se asemejan bastante a los obtenidos por Bertucci et al. (2003). Con novillos de peso vivo final de 448,7 kg y alimentados a corral con grano de maíz como fuente energética, alcanzó ganancias diarias promedio de 1,144 kg y un espesor de grasa de 6,94 milímetros, y con novillos de 465,6 kg de peso y alimentados con cebada molida como fuente de energía, logró ganancias diarias de 1,320 kg y un espesor de grasa de 6,64 milímetros.

#### **5.6.4. pH de la carne**

Los resultados de pH obtenidos en los animales faenados no presentaron diferencias significativas según dietas, tomando valores de 5,74, 5,63, 5,63 y 5,69 para los tratamientos de expeler, urea, Optigen y Optigen+urea respectivamente.

Según Garriz (2001), el pH de la carne disminuye luego de la muerte, pasando de 7 en el animal vivo hasta 5,5–5,8 a las 24 horas post mortem. Ello se debe a que después de la muerte el músculo no recibe oxígeno, entonces las reacciones metabólicas se modifican produciendo ácido láctico a partir de glucógeno. Page et al. (2001), mencionan que con pH mayor a 5,87, se considera a la carne como oscura y por lo tanto de baja calidad. Por el otro lado la velocidad de disminución del pH debe ser de forma paulatina, dado que una reducción muy brusca del mismo resultaría en carnes pálidas<sup>3</sup>.

Garriz (2001), indica que en caso de estrés previo a la faena, los animales consumen anticipadamente el glucógeno muscular. La salud del animal, el manejo previo, el transporte, son algunos de los factores que podrían provocar gastos en las reservas de glucógeno. Esto llevaría a una menor producción de ácido láctico una vez muerto el animal, la cual no sería suficiente para llegar a los valores óptimos pH para la conservación de la carne<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Franco, J. 2008. Com. personal.

Los novillos obtuvieron en promedio valores de pH que se ubican dentro de lo aceptado en términos de calidad, lo cual era de esperarse dado el tipo de dieta consumida. Depetris y Santini (2005), mencionan que en dietas de corral, al ser altas en energía, tienden a dar buenas reservas de glucógeno, favoreciendo los adecuados descensos de pH.

En síntesis, las distintas fuentes de proteína evaluadas, sea proteína vegetal o NNP de lenta o rápida liberación, no afectaron la calidad de la carne en cuanto al pH se refiere.

### **5.6.5. Color de la carne**

Los resultados de color de carne no dieron diferencias significativas entre dietas tomando L\* valores promedios entre 37,98 y 39,27, a\* entre 11,33 y 14,88, y b\* entre 15,78 y 17,10.

Según Kropf, citado por Page et al. (2001), el color de la carne tiene un rol muy importante para el consumidor final, ya que es el factor que más influye a la hora de seleccionar la carne. Tras una evaluación realizada por Page et al. (2001), se observó una correlación negativa con el pH post mortem de -0.40, -0.58 y -0.56 para L\*, a\* y b\* respectivamente. Teira et al. (2004), sugieren que en el color de la carne se hacen más relevantes los valores que toman la luminosidad (L\*) y el índice de rojo (a\*).

Esta variable es afectada por tres principales factores: la cantidad de mioglobina presente en la carne, la forma en que está presente la misma, y la cantidad de agua presente entre las fibras musculares.

Depetris (2005), expresa que las dos formas en que se puede presentar la mioglobina son como oximioglobina cuando el ambiente es poseedor de oxígeno que le da a la carne colores más claros, o sino como deoximioglobina en circunstancias pobres en oxígeno que tornarían a la carne a un color más oscuro. Según Page et al. (2001), a un pH más alto, las enzimas presentes en la superficie de la carne estarían más activas consumiéndose así el oxígeno, lo que llevaría a carnes más oscuras.

La cantidad de agua retenida entre las fibras depende también del pH, dado que a un pH más alto modificaría las cargas eléctricas dentro de las fibras musculares, aumentando su capacidad de retención de agua (Depetris, 2005). Al suceder esto, las fibras estarían hinchadas, dejando menos espacio para que haya agua entre las fibras, que es un factor determinante en la luminosidad, ya que esta agua libre refleja la luz y torna a la carne a un color más claro.

En cuanto a los novillos evaluados, el único animal que presentó problemas de color fue el mismo que reflejó problemas de pH, dando así un color de carne más oscuro, confirmando la correlación mencionada por Page et al. (2001). Esta diferencia igualmente no afectó al promedio del lote de los animales alimentados con expeler.

Los valores normales de luminosidad, que es el principal indicador del color de carne, rondan entre 36 y 43 (Page et al., 2001). Los novillos evaluados tomaron valores entre 37,98 y 39,27, lo cual indica que la fuente de proteína no influiría en la calidad de la carne en cuanto al color.

#### **5.6.6. Color de la grasa**

Los resultados en color de grasa no difieren entre dietas habiendo tomado valores promedio de L\* de entre 69,3 y 71,07, de a\* entre -3,92 y -5,03, y de b\* entre 19,02 y 20,75.

El CSIRO (1994), menciona que el color de la grasa es otro de los factores que cobra importancia en los consumidores a la hora de la elección de la carne. Este prefiere las carnes con grasa más blancas, atribuyendo los colores amarillos a cortes de animales viejos o enfermos y dando aromas desagradables durante la cocción. Este factor es importante sobre todo en consumidores exigentes, como lo son los del mercado asiático.

CSIRO (1994), Mora y Shimada (2001), Trenkle (2002), Barrón et al. (2006), atribuyen al amarillamiento de la grasa a la concentración de carotenoides en la misma. Barrón et al. (2006), mencionan que el color de la grasa estaría explicado en un 85-90% por la concentración de éstos. Encontraron además una correlación positiva entre el índice de amarillo (b\*) y la concentración de carotenoides de  $r=0,6-0,8$ . Según Teira et al. (2004), para cuantificar el color de la grasa se hace más relevante el valor del índice de amarillo (b\*), que la luminosidad (L\*) y el índice de rojo (a\*).

Dentro de los carotenoides, el compuesto que tendría más relevancia sería el  $\beta$ -caroteno almacenado en el tejido adiposo, que representaría entre el 80 y 85% de los carotenoides totales (CSIRO 1994, Barrón et al. 2006).

El  $\beta$ -caroteno al ser consumido por el animal primeramente se transforma en vitamina A, pero cuando el consumo excede las necesidades de esta vitamina, el  $\beta$ -caroteno es absorbido como tal y depositado como reserva en la grasa y el hígado (Barrón et al., 2006). En los animales evaluados no existieron diferencias en color de la grasa, y al haberse consumido una misma cantidad de alimento en cada una de las dietas no hubo diferencia en el aporte de estos compuestos que influyen sobre el color. Por lo tanto indirectamente se podría deducir que los excedentes de carotenoides consumidos en los diferentes tratamientos fueron similares.

Animales que son terminados sobre pasturas tienen grasa más amarilla que los terminados a corral. Esto se debería a que las pasturas verdes tendrían, por kilogramo de materia seca, cerca de 500 ppm de carotenoides, pasturas secas alrededor de 50 ppm y los granos en general menos de 5 ppm (CSIRO, 1994).

Trenkle (2002), establece además que entre los granos existen diferencias en concentración de estos compuestos y se podrían estimar de manera subjetiva al molerlos, siendo los granos molidos más blancos los que tendrán menor concentración de carotenoides, dando grasa significativamente más blanca.

Según resultados obtenidos por Beriau et al. (2007), la cantidad de días que el animal estaría en confinamiento también influiría sobre el color de la grasa.

Los valores de  $b^*$  para color de grasa obtenidos en los animales evaluados confinados durante 86 días, rondaron entre 19,02 y 20,75, que son algo mayores a los obtenidos por Beriau et al. (2007), de 14,3, 15,8 y 18,7 para animales confinados durante 120, 80 y 40 días. Las diferencias para  $b^*$  dadas a un similar tiempo de confinamiento podrían estar dadas por alguno de los factores que según el CSIRO (1994) influirían en el color, que son: el grado de amarillo, ya presente en la grasa, la cantidad de la misma presente en los animales previo al encierro y el grado de utilización que tendrán los carotenoides ya retenidos durante este.

## 5.7. DISCUSIÓN GENERAL

Las dietas evaluadas fueron formuladas de manera isoenergética e isoproteica y suministradas *ad libitum*. No se encontraron entre ellas diferencias en ganancia diaria y en consumo total de materia seca, provocando por lo tanto igual eficiencia de conversión.

Para lograr dichos resultados es probable que el haber sido dietas con alta concentración de grano, el aprovechamiento del nitrógeno aportado por las dietas con NNP haya sido eficiente, dada la gran disponibilidad de energía que proporcionan los granos, para que junto al nitrógeno liberado por las fuentes de NNP formen proteína microbiana. Las distintas tasas de liberación de nitrógeno de las distintas fuentes de proteína no tomaron relevancia en los resultados, pudiéndose explicar por una rápida absorción del nitrógeno por parte de los microorganismos antes de que pudiese ser absorbido por las paredes del rumen.

Otro factor que puede explicar estos resultados fue el suministro de la comida, cuatro veces diarias para obtener un consumo parejo durante el día. Al realizar las

observaciones de los patrones de comportamiento se vieron varios picos de consumo de MS durante las horas de luz, con tendencia a que no hubiese diferencias entre dietas.

Con lo mencionado anteriormente se logró evitar consumos excesivos de MS en un mismo momento, lo que llevó seguramente a ambientes ruminales más estables, donde la eficiencia de utilización de nitrógeno, fundamentalmente del aportado por las fuentes de NNP, aumentó.

Con un manejo diferente con el suministro de menos comidas diarias, hubiese sido probable encontrarse con una posible toxicidad por exceso de amoníaco en rumen para el caso de la dieta de urea.

Al suministrarse la comida en menor cantidad de veces aumenta la posibilidad que los animales puedan comer mayor cantidad de alimento en un mismo momento. Dado que la urea es de muy rápida degradación en rumen y la fuente de energía no, el comer más en un mismo momento, el exceso de amoníaco luego de la ingesta sería de mayor amplitud que al suministrarse el alimento en varios momentos del día. Esto podría llevar a una mayor probabilidad de que el amoníaco en exceso sea absorbido hacia el torrente sanguíneo, pudiendo ocasionar menor eficiencia de utilización del nitrógeno aportado por la fuente de NNP, pudiendo llegar a niveles tóxicos.

Tampoco fueron encontradas diferencias en calidad de carne entre las distintas dietas. Al haberse consumido una similar cantidad de materia seca y haberse obtenido una igual ganancia diaria, la calidad de la proteína en este tipo de dieta no tomaría relevancia sobre las características de la canal y de la carne.

Entre categorías existieron diferencias en las performances, pero dentro de cada una no existieron diferencias entre dietas. Por lo tanto los efectos de las distintas fuentes proteicas se visualizaron tan solo entre terneros y novillos.

## **6. CONCLUSIONES**

En el experimento no se encontraron diferencias entre dietas en ganancia diaria y consumo, llevando por lo tanto a igual eficiencia de conversión. Tampoco se encontraron diferencias en los patrones de comportamiento y en la calidad de la carne, por lo que se podría concluir que para dietas de estas características, se podría sustituir totalmente la fuente de proteína vegetal por una de NNP.

La tasa de liberación no influyó en la eficiencia de utilización del nitrógeno, por lo que dicha sustitución podría ser con urea, tanto de lenta como de rápida liberación o por una combinación 50:50 de ambas.

Dentro de una misma categoría no fueron encontradas diferencias entre dietas, por lo que no se encontró interacción de categoría\*dieta. Esto indicaría que dicha posibilidad de sustitución de una fuente proteica por otra es posible tanto para terneros como para novillos, con similares efectos sobre las performances.

## **7. RESUMEN**

El experimento llevado a cabo tuvo como objetivo evaluar los efectos de la sustitución total de una fuente de proteína verdadera por otra de nitrógeno no proteico (NNP), en dietas de feedlot altamente concentradas en terneros y novillos (relación voluminoso:concentrado 19:81 y 18:82 respectivamente). Como fuentes de proteína se evaluaron expeler de girasol, urea, Optigen y una mezcla 50:50 de estos dos últimos componentes. Dicho trabajo fue realizado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, departamento de Paysandú, Republica Oriental del Uruguay, el cual se inició el 18/07/2009 y finalizó el 18/9/2009. Para ello se utilizaron 24 terneros machos nacidos en la primavera del 2008 ( $123,6 \pm 16,5$  kg) y 24 novillos nacidos en la primavera del 2007 ( $289,0 \pm 33,2$  kg), todos de la raza Hereford provenientes del rodeo experimental de la unidad de producción intensiva de carne. Las performances evaluadas fueron ganancia diaria, consumo, eficiencia de conversión, comportamiento y calidad de carne. Existió diferencia en ganancia diaria entre categorías siendo mayor en novillos ( $P < 0,0001$ ). Estas no se vieron entre dietas ( $P = 0,7118$ ), ni en la interacción categoría\*dieta ( $P = 0,9535$ ). El consumo total de materia seca (MS) fue afectado por la categoría tanto en kg como en porcentaje de peso vivo, ( $P < 0,0001$ ) y ( $P = 0,0017$ ) respectivamente, siendo en ambas mayor para novillos. Entre dietas no se encontraron diferencias en consumo en kg ni en porcentaje de peso vivo, ( $P = 0,1991$ ) y ( $P = 0,5323$ ) respectivamente, al igual que en la interacción categoría\*dieta, ( $P = 0,8649$ ) y ( $P = 0,8381$ ) respectivamente. La eficiencia de conversión fue mejor en terneros que en novillos ( $P < 0,0001$ ), pero no existieron diferencias entre dietas ( $P = 0,6896$ ), ni en la interacción categoría\*dieta ( $P = 0,5363$ ). El tiempo dedicado al consumo de MS fue mayor en novillos que en terneros ( $P = 0,0441$ ), pero no se hallaron diferencia entre dietas ( $P = 0,3183$ ), ni en la interacción categoría\*dieta ( $P = 0,2346$ ). Para los demás patrones de comportamiento: descanso, rumia y consumo de agua, no hubieron diferencias significativas entre categorías, dietas o en la interacción categoría\*dieta. La calidad de la canal y de la carne, no presentó diferencias según la dieta. Los resultados demostraron por lo tanto que es posible la total sustitución de la fuente de proteína verdadera por otra de NNP tanto de lenta como de rápida liberación y su mezcla 50:50, independientemente de la categoría.

Palabras clave: Nitrógeno no proteico; Proteina verdadera; Feedlot; Novillos; Terneros.

## **8. SUMMARY**

The experiment carried out aimed at evaluating the effects of total replacement of a true protein source for other non-protein nitrogen (NPN) in highly concentrated feedlot diets in calves and finishing steers (fiber:concentrate relation 19:81 and 18:82, respectively). As protein source there were evaluated sunflower expeller, urea, Optigen and a 50:50 mixture of the latter two components. The experiment was performed at the Estación Experimental Mario A. Cassinoni, in Paysandú, Uruguay, beginning on 18/07/2009 and ending 09/18/2009. There were used 24 male calves born in spring 2008 ( $123.6 \pm 16.5$  kg) and 24 steers born in spring 2007 ( $289,0 \pm 33,2$  kg), all Hereford breed from the intensive meat production unit. The performances evaluated were daily gain, dry matter intake (DMI), behavior and meat quality. There was found difference in daily gain between categories, being higher in steers ( $P < 0.0001$ ). This difference was not seen between different diets ( $P = 0,7118$ ), so as well in category\*diet interaction ( $P = 0,9535$ ). The DMI was higher for steers in kg and in percentage of live weight, ( $P < 0,0001$ ) and ( $P = 0,0017$ ) respectively. Between diets there were no differences found in DMI in kg and percentage of live weight, ( $P = 0,1991$ ) and ( $P = 0,5323$ ) respectively, neither in category\*diet interaction, ( $P = 0,8649$ ) and ( $P = 0,8381$ ). The conversion efficiency was better in calves than in steers ( $P < 0.0001$ ), but there were no differences between diets ( $P = 0.6896$ ), or category\*diet interaction ( $P = 0.5363$ ). Time dedicated for DMI was better in calves than in steers ( $P = 0,0441$ ), but no difference was found between diets ( $P = 0,3183$ ), or category\*diet interaction ( $P = 0,2346$ ). For the other behavior patterns: rest, rumination and water consumption, no difference was found between categories, diets and category\*diet interaction. Meat quality didn't present difference between diets. Results demonstrated that it is possible the complete replacement of the true protein source for a NPN source, either slow or fast release, regardless of the category.

Keywords: Non protein nitrogen; True protein; Feedlot; Cattle; Calves.

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

1. ACOSTA, Y. 2008. Consideraciones sobre suplementación. In: Alternativas tecnológicas para enfrentar situaciones de crisis forrajeras. Montevideo, INIA/Plan Agropecuario. pp. 9-10.
2. AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Cambridge, CABI. 159 p.
3. ANÓNIMO. 1998. Efectos de la suplementación en la carne. Boletín del Centro de Consignatarios Directos de Hacienda. 12 (106): 8-9.
4. BALDI, F.; MIERES, J. M.; BANCHERO, G. 2008. Utilización de ensilaje de grano húmedo de sorgo en la recría y engorde vacuno. (en línea). Treinta y Tres, INIA. Consultado 5 feb. 2010. Disponible en [http://www.inia.org.uy/estaciones/ttres/actividades/2008/fbaldi\\_charla.pdf](http://www.inia.org.uy/estaciones/ttres/actividades/2008/fbaldi_charla.pdf)
5. BARRÓN, S.; MORA, O.; CASTAÑO, V.; SHIMADA, A. 2006. La pigmentación amarilla del tejido adiposo de bovinos finalizados en pastoreo y su relación con su concentración de carotenoides y el perfil de ácidos grasos. Técnica Pecuaria en México. 44 (2): 231-240.
6. BAVERA, G. A. 2005. Calidad de la carne. (en línea). Río Cuarto, INTA. Consultado 16 ene. 2010. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/03-calidad\\_de\\_la\\_carne.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/03-calidad_de_la_carne.pdf)
7. BERIAU, M. E.; IRIARTE, J. M.; TUCCI, D. 2007. Evaluación de diferentes alternativas de terminación-suplementación y engorde a corral sobre la performance animal y la calidad de la canal y carne de novillos Hereford. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 136 p.
8. BERTUCCI, C. L.; JENSEN, M.; DI NEZIO, L.; DUHALDE, J. M. 2003. Terminación de novillos a corral. Conformación y calidad de carne. (en línea). Río Cuarto, INTA. Consultado 23 mar. 2010. Disponible en [http://produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_a\\_corral\\_o\\_feedlot/56-terminacion\\_a\\_corral.htm](http://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/56-terminacion_a_corral.htm)
9. BOZA, J.; GUERRERO, J. E.; AGUILERA, J. F.; SANZ, R.; MOLINA, E. 1981. Utilización de dietas con biuret como fuente de nitrógeno no proteico en la alimentación de ganado caprino. (en línea). Archivos de Zootecnia. 20 (117): 157-169. Consultado 8 mar. 2010. Disponible en

[http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/29\\_14\\_43\\_117\\_5.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/29_14_43_117_5.pdf)

10. BRIGGS, H. M.; GALLUP, W. D.; DARLOW, A. E.; STEPHENS, D. F.; KINNEY, C. 1947. Urea as an extender of protein when fed to cattle. *Journal of Animal Science*. 6: 445-460.
11. \_\_\_\_\_. 1967. Urea as a protein supplement. Oxford, Pergamon Press. 466 p.
12. BRUGGINK, J. H. B. 1993. Utilización de concentrados de proteína de soja en dietas de animales jóvenes. *In*: Curso de Especialización FEDNA (9º, 1993, Barcelona). Avances en nutrición y alimentación animal. Barcelona, España, s.e. pp. 175-196.
13. CABRITA, A. R.; DEWHURST, R. J.; ABREU, J. M.; FONSECA, A.J. 2006. Evaluation of the effects of synchronising the availability of N and energy on rumen function and production responses of dairy cows; a review. *Animal Research*. 55: 1-24.
14. CAMPOS NETO, O.; TEIXEIRA, J. 2007. Análise química, biológica e toxicológica de uréia de liberação lenta. (en línea). San Pablo, Brasil, s.e. Consultado 22 mar. 2010. Disponible en [http://pt.engormix.com/MA-pecuaria-corte/nutricao/artigos/analise-quimica-biologica-toxicologica\\_85.htm](http://pt.engormix.com/MA-pecuaria-corte/nutricao/artigos/analise-quimica-biologica-toxicologica_85.htm)
15. CAPOTE, F. A. 1972. Avances en la nutrición y la alimentación de rumiantes. Maracaibo, Universidad de Zulia. 89 p.
16. CASTRO, L. E.; ROBAINA, R. M. 2003. Manejo del ganado previo a la faena y su relación con la calidad de la carne. Montevideo, INAC. 31 p. (Serie de Divulgación no. 1)
17. COLE, N. A.; TODD, R. W. 2008. Opportunities to enhance performance and efficiency through nutrient synchrony in concentrate-fed ruminants. *Journal of Animal Science*. 86: E318-E333.
18. COLLARES, M.; MACCIÓ, M.; VARALLA, D. 2008. Manejo de la fibra en sistemas de alimentación a corral para vacunos en crecimiento y terminación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 89 p.
19. CONRAD, H. R.; HIBBS, J. W. 1968. Nitrogen utilization by the ruminant; appreciation of its nutritive value. *Journal of Dairy Science*. 51: 276-285.

20. CONSIGLI, R. 2001. ¿Qué es la calidad de la carne?. (en línea). In: Jornada El Negocio de la Carne (6ª, 2004, Manfredi). La Voz del Campo. Buenos Aires, INTA. 6 p. Consultado 22 ene. 2010. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/21-wue\\_es\\_la\\_calidad\\_de\\_la\\_carne.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/21-wue_es_la_calidad_de_la_carne.pdf)
21. COOPER, R. J.; MILTON, C. T.; KLOPFENSTEIN, T. J.; JORDON, D. J. 2002. Effect of corn processing on degradable intake protein requirement of finishing cattle. *Journal of Animal Science*. 80: 242-247.
22. CORTAZZO, D.; MARCHELLI, J. P.; VIERA, G.; ZABALA, A. 2007. Efecto del encierro diurno durante el periodo estival sobre la performance de novillos Hereford pastoreando sobre praderas mezclas en dos asignaciones de forraje. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 126 p.
23. CSIRO. 1994. Feeding standars for australian livestock ruminants. Victoria. 266 p.
24. CHALKLING, D. J. 2008. Producción intensiva de carne en el sistema agrícola-ganadero. Montevideo, INIA. 25 p. (Serie Técnica no. 23).
25. CHESSA, A. 2007. La calidad del sorgo como alimento animal. *Marca Líquida Agropecuaria*. 17 (169): 65-68.
26. CHURCH, C. D.; POND, W. G., MALUENDA, D. 1977. Bases científicas para la nutrición de los animales domésticos. Zaragoza, Acribia. 462 p.
27. \_\_\_\_\_. 1993. El rumiante; fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, Acribia. 569 p.
28. DAVIES, P.; MÉNDEZ, D. 2006. Carne Bovina; estrategias de suplementación y calidad del producto. (en línea). Villegas, INTA. Consultado 15 mar. 2010. Disponible en [http://produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/86-carne\\_bovina.pdf](http://produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/86-carne_bovina.pdf)
29. DEPETRIS, J. 2000. Calidad de la carne vacuna. *Marca Líquida*. may. 2000: 17-21.
30. \_\_\_\_\_.; SANTINI, F. 2005. Calidad de la carne asociada al sistema de producción. (en línea). In: Jornadas Internacionales en Carnes Vacunas (2005, Mar del Plata). Trabajos presentados. Mar del Plata, INTA. s.p. Consultado 22 ene. 2010. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/carne/depetris.htm>

31. DÍAZ, R. 2004. La expansión agrícola; interrogantes, desafíos, oportunidades. Revista INIA. 1: 13-16.
32. DI MARCO, O. N.; AELLO, M. S. 2002a. ¿Afecta el exceso de amonio ruminal el gasto energético de rumiantes?. Balcarce, Argentina, INTA. s.p.
33. \_\_\_\_\_. 2002b. Rendimiento de Res. (en línea). Balcarce, INTA. Consultado 23 mar. 2010. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/carne/rendires.htm>
34. \_\_\_\_\_. 2006. Eficiencia de utilización del alimento en vacunos. Revista Visión Rural. 13 (61): 19-22.
35. EGAÑA, J. I.; MORALES, M. S. 1986. Metabolismo del nitrógeno en rumiantes. Monografías de Medicina Veterinaria. 8 (2): s.p.
36. ELIZALDE, J. C.; MONTIEL, M. D. 2004. Valor nutritivo y económico del grano de sorgo comparado con el maíz. In: Jornada de Actualización Ganadera (2ª, 2004, Balcarce). Memorias. Balcarce, Argentina, INTA. pp. 39-42.
37. 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. Consultado 1 nov. 2009. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/suplementacion\\_proteica\\_y\\_con\\_nitrogeno\\_no\\_proteico/31-intoxicacion\\_por\\_urea.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/31-intoxicacion_por_urea.pdf)
38. FAO. 1968. Nonprotein nitrogen in the nutrition of ruminants. Roma. p. irr. (FAO Agricultural Studies no. 73).
39. FERNÁNDEZ, A. 2008. Urea, suplementación con nitrógeno no proteico en rumiantes. (en línea). Buenos Aires, Estación Agropecuaria INTA Bordenave. Consultado 18 mar. 2010. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/suplementacion\\_proteica\\_y\\_con\\_nitrogeno\\_no\\_proteico/44-urea\\_caracteristicas.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/44-urea_caracteristicas.pdf)
40. FONNESBECK, P. V.; KEARL, L. C., HARRIS, L. E. 1975. Feed grade biuret as a protein replacement for ruminants; a review. Journal of Animal Science. 40: 1150-1184.

41. FOX, D. G.; SNIFFEN C. J.; O'CONNOR, J. D. 1988. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. *Journal of Animal Science*. 66: 1475–1495.
42. GALLO, C.; GATICA C. 1995. Efectos del tiempo de ayuno sobre el peso vivo, de la canal y de algunos órganos en novillos. *Archivo Médico Veterinario*. 27 (2): 69-77.
43. GARCÍA PRECHAC, F. 2004. Cultivo contínuo en siembra directa o rotaciones de cultivos y pasturas en suelos pesados en Uruguay. *Cangüé*. no. 26: 28-32.
44. GARRIZ. 2001. Calidad organoléptica de la carne vacuna, influencia de factores biológicos y tecnológicos. (en línea). *In*: Jornada Ganadería Vacuna (2001, Río Cuarto). Disertaciones. URNC. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Consultado 22 mar. 2010. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/14-calidad\\_organoleptica\\_de\\_la\\_carne\\_vacuna.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/14-calidad_organoleptica_de_la_carne_vacuna.pdf)
45. \_\_\_\_\_.; LÓPEZ, A. 2002. Suplementación con nitrógeno no proteico en rumiantes. (en línea). Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Veterinaria. Consultado 28 oct. 2009. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion\\_proteica\\_y\\_con\\_nitrogeno\\_no\\_no\\_proteico/07-suplementacion\\_con\\_nitrogeno.htm](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_no_proteico/07-suplementacion_con_nitrogeno.htm)
46. GIRAUDO, P. G. 2006. El ingreso y acostumbramiento en los feedlots. *Producir XXI*. 14 (176): 35-38.
47. GÓMEZ, M. D. 2006. Extrusión de semilla de algodón. (en línea). s.n.t. Consultado 20 oct. 2009. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_granos/95-extrusion\\_semilla\\_algodon.pdf](http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_reservas/reservas_granos/95-extrusion_semilla_algodon.pdf)
48. GORRACHATEGUI, M. 1997. Influencia de la nutrición y otros factores en el rendimiento de la canal de terneros. *In*: Curso de Especialización FEDNA (13º, 1997, Madrid). Avances en nutrición y alimentación animal. Madrid, España, s.e. pp. 133-169.
49. HARESING, W.; COLE, D. J. A. 1988. Avances en nutrición de los rumiantes. Zaragoza, Acribia. 407 p.

50. HELMER, L. G.; BARTLEY, E. E.; DEYOE, C. W. 1970. Feed processing. VI. Comparison of starea, urea, and soybean meal as protein sources for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 53: 883-887.
51. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1971. Progress in the utilization of urea as a protein replacer for ruminants; a review. *Journal of Dairy Science*. 54:25-51.
52. HERSOM, M. J. 2008. Opportunities to enhance performance and efficiency through nutrient synchrony in forage-fed ruminants. *Journal of Animal Science*. 86: E306-E317.
53. HUNTINGTON, G. B. 1997. Starch utilization for ruminants; from basics to bank. *Journal of Animal Science*. 75: 852-867.
54. JOHNSON, R. R. 1976. Influence of carbohydrate solubility on non-protein nitrogen utilization in the ruminant. *Journal of Animal Science*. 43: 184-191.
55. KOLB, E. 1976. *Fisiología Veterinaria*. Zaragoza, Acribia. 569 p.
56. LAGRECA, M.; MEDERO, P.; RATTIN, A. 2008. El confinamiento de terneros como alternativa de alimentación invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83 p.
57. LORENZATTI, P. J.; SANTINI, F. J.; PAVAN, E.; VILLARREAL, E. L.; DEPETRIS, G. J. 2004. Efecto de la sustitución de la harina de girasol por urea en dietas en engorde a corral. (en línea). Buenos Aires, INTA Balcarce. Consultado 15 mar. 2010. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/posters/27a/Lorenzatti.htm>
58. MAC LOUGHLIN, R. J. 2007. Proteína metabolizable en la nutrición de bovinos para carne. (en línea). s.n.t. Consultado 5 nov. 2009. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/112-proteina\\_metabolizable.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/112-proteina_metabolizable.pdf)
59. MAGALHÃES, K.A.; VALADARES, S.C.; PAULINO, P.V.R.; PAULINO, M.F.; VALADARES, R.F.D. 2006. Desempenho, digestibilidade e características de carcaça de novilhos mestiços leiteiros em confinamento alimentados com diferentes níveis de uréia na dieta. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 58 (5): 860-867.
60. MANELLA, M. 2008. Nitrógeno No Proteico para ganado en confinamiento. *Producir XXI*. 16 (201): 29-30.

61. MARCONDES, M. I.; DE CAMPOS, S.; DETMANN, E., FERREIRA, R., COSTA, L. F.; ALVES, M. 2009. Degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta de alimentos para bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38 (11): 2247-2257.
62. MARESCA, S.; SANTINI, F. J.; PAVÁN, E. 2002. Comportamiento productivo de terneras alimentadas a corral con grano de maíz entero y partido. *Revista Argentina de Producción Animal*. 22 (1): 163-168.
63. MARICHAL, M.; CARRIQUIRY, M. 2006. Concentrados energéticos. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. Consultado 15 mar. 2010. Disponible en <http://prodanimal.fagro.edu.uy/cursos/NUTRICION/TEORICOS/2010.Tema%20202.%20Alimentos%20Energeticos.pdf>
64. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2008. Alimentos para animales; definiciones. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. Consultado 15 may. 2010. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~nutanimal/AlimDef08.pdf>
65. MARTÍNEZ, A. L. 2009. Urea de lenta degradación ruminal como sustituto de proteína vegetal en dietas para rumiantes. (en línea). *Revista Electrónica de Veterinaria*. 10 (12): s.p. Consultado 28 nov. 2009. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121209/120906.pdf>
66. MASCARDI, L. E. 2007. Evaluación de una fuente de urea protegida en la dieta de terneros alimentados a corral. Tesis doctoral. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Animal. s.p.
67. MAXSON, W. E.; SHIRLEY, R. L.; BERTRAND, J. E.; PALMER, A. Z. 1973. Energy values of corn, bird-resistant and non-bird-resistant sorghum grain in rations fed to steers. *Journal of Animal Science*. 37: 1451-1457.
68. METHOL, M. 2006. Maíz y sorgo; situación y perspectivas. *Anuario OPYPA 2006*: s.p.
69. MIERES, J. M.; ASSANDRI, L.; CÚNEO, M. 2004. Tablas de valor nutritivo de alimentos. In: Mieres, J. M. ed. *Guía técnica para la alimentación de rumiantes*. Montevideo, INIA. pp. 13-68 (Serie Técnica no. 142).
70. MILTON, C. T.; BRANDT, R. T.; TITGEMEYER, E. C.; KUHL, G. L. 1997a. Effect of degradable and escape protein and roughage type on performance

and carcass characteristics of finishing yearling steers. *Journal of Animal Science*. 75: 2834-2840.

71. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1997b. Effects of dietary nitrogen source and concentration in high-grain diets on finishing steer performance and nutrient digestion. *Journal of Animal Science*. 75: 2813-2823.
72. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1997c. Urea in dry-rolled corn diets; finishing steer performance, nutrient digestion, and microbial protein production. *Journal of Animal Science*. 75: 1415-1424.
73. MORA, O.; SHIMADA, A. 2001. Causas del color amarillo de la grasa de canales de bovinos finalizados en pastoreo. *Veterinaria México*. 32 (001): 63-71.
74. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1989. Nutrient requirement of dairy cattle. 6<sup>th</sup> rev. ed. Washington, D.C., National Academy Press. s.p.
75. \_\_\_\_\_. 1996. Nutrient requeriments of beef cattle. 7<sup>th</sup> rev ed. Washington, D.C., National Academy Press. 232 p.
76. \_\_\_\_\_. 2000. Nutrient requeriments of beef cattle. (en línea). 7<sup>th</sup> rev. ed. Washington, D. C., National Academy Press. Consultado 27 dic. 2009. Disponible en <http://www.nap.edu/catalog.php?record id=9791>
77. \_\_\_\_\_. 2001. Nutrient requeriments of dairy cattle. (en línea). 7<sup>th</sup> rev. ed. Washington, D. C., National Academy Press. Consultado 27 dic. 2009. Disponible en <http://www.nap.edu/catalog.php?record id=9825>
78. NAVA, C.; DÍAZ, A. 2001. Introducción a la digestión ruminal. (en línea). Coyoacan, UNAM. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Consultado 10 feb. 2010. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/79-introduccion\\_a\\_la\\_digestion\\_ruminal.htm](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/79-introduccion_a_la_digestion_ruminal.htm)
79. OROZCO, E. 2005. Bancos Forrajeros. Un componente tecnológico indispensable para la producción intensiva en fincas ganaderas. (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 18 feb. 2010. Disponible en [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/manual\\_b\\_forrajeros\\_indice.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_b_forrajeros_indice.html)
80. ORSKOV, E. R. 1988. Nutrición proteica de los rumiantes. Zaragoza, Acribia. 178 p.

81. OWENS, F. N.; BERGEN, W. G. 1983. Nitrogen metabolism of ruminant animals; historical perspective, current understanding and future implications. *Journal of Animal Science*. 57: 498-518.
82. OYHANTÇABAL, W.; MILA, F.; FRUGONI, G. 2009. Comportamiento del sector carne vacuna en 2009 y perspectivas para 2010. *Anuario OPYPA 2009*: 35-57.
83. PAGE, J. K., WULF, D. M., SCHWOTZER, T. R. 2001. A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*. 79: 678-687.
84. PARISH, J. A.; RHINEHART, J. D. 2008. Protein in beef cattle diets. (en línea). Missisipi, Estados Unidos, s.e. Consultado 20 mar. 2010. Disponible en <http://msucare.com/pubs/publications/p2499.pdf>
85. PERALTA, M. 2006. Biodiesel; implicancias primarias en el sector del engorde a corral. *Producción Bovina de Carne*. (en línea). s.l. Consultado 20 feb. 2010. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_a\\_corral\\_o\\_feedlot/28-Biodisel.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/28-Biodisel.pdf)
86. PEREDA, L.; COLOMBATTO, D.; ELIZALDE, J. C.; GRIGERA NAÓN, J. J. 2008. Efecto de la suplementación con distintas fuentes de nitrógeno sobre la respuesta de terneros de recría, pastoreando verdes o encerrados en corrales. *Revista Hereford*. 74 (646): 86-92.
87. PETERSON, L. A.; HATFIELD, E. E.; GARRIGUS, U. S. 1973. Influence of concentration of dietary energy on protein need of growing-finishing cattle. *Journal of Animal Science*. 36: 772-781.
88. PHILIPPEAU, C.; MARTIN, C.; MICHALET-DOREAU, B. 1999a. Influence of grain source on ruminal characteristics and rate, site, and extent of digestion in beef steers. *Journal of Animal Science*. 77: 1587-1596.
89. \_\_\_\_\_.; LE DESCHAULT DE MONREDON, F.; MICHALET-DOREAU, B. 1999b. Relationships between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. *Journal of Animal Science*. 77: 238-243.
90. PINOS-RODRÍGUEZ, J. M.; YOSAHANDI, L.; GONZALEZ-MUÑOZ, S. S.; BÁRCENA, R.; SALEM, A. 2010. Effects of a slow release coated urea product on growth performance and ruminal fermentation in beef stress. *Italian Journal of Animal Science*. 9: 16-19.

91. PORDOMINGO, A. J.; AZCARATE, M. P; JUAN, N. A. 2002. Grano de maíz húmedo conservado con urea en dietas de engorde a corral. *Revista Argentina de Producción Animal*. 22 (2): 101-113.
92. \_\_\_\_\_. 2005. Feedlot; alimentación, diseño y manejo. Anguil, INTA. 224 p.
93. RAY, D. E.; ROUBICEK, C. B. 1971. Behavior of feedlot cattle during two seasons. *Journal of Animal Science*. 33: 72-76.
94. REID, J. T. 1953. Urea as a protein replacement for ruminants; a review. *Journal of Animal Science*. 36: 955-996.
95. RENNÓ, L. N.; DE CAMPOS, S.; VALADARES, R.; CECOM, P.; BACKES, A.; RENNÓ, F.; ALVES, D.; SILVA, P. 2005. Níveis de uréia na ração de novilhos de quatro grupos genéticos: consumo e digestibilidades totais. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 34 (5): 1775-1785.
96. ROBLES, V.; GONZÁLEZ, L. A.; FERRET, A.; MANTECA, X.; S. CALSAMIGLIA. 2007. Effects of feeding frequency on intake, ruminal fermentation, and feeding behavior in heifers fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*. 85: 2538-2547.
97. ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*. 63: 1607-1623.
98. RUSSELL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. G.; VAN SOEST, P. J.; SNIFFEN, C. J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets; I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*. 70: 3551-3561.
99. SAINZ, R. D.; DE LA TORRE, F.; OLTJEN, J. W. 1995. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refeed beef steers. *Journal of Animal Science*. 73: 2971-2979.
100. \_\_\_\_\_.; VERNAZZA, R. F. 2004. Effects of different grazing and feeding periods on performance and carcass traits of beef steers. *Journal of Animal Science*. 82: 292-297.
101. SATTER D.; SLYTER, L. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal of Nutrition*. 32: 194:208

102. \_\_\_\_\_.; ROFFLER, R. E. 1988. Influencia de la ingestión de nitrógeno y de carbohidratos sobre la fermentación ruminal. *In*: Haresign, W.; Cole, D. J. A. eds. Avances en nutrición de los rumiantes. Zaragoza, Acribia. pp. 125-152.
103. SIMEONE, A.; BERETTA, V.; ELIZALDE, J. C.; SABBIA, J. 2008. Replacing sunflower meal with Optigen® in high grain feedlot diets; response of calves and steers. *In*: Annual Alltech Animal Health and Nutrition Symposium (25º, 2009, Lexington, Kentucky). Science and technology in the feed industry. s.n.t. s.p.
104. \_\_\_\_\_.;\_\_\_\_\_. 2009. Reformulando la ganadería en Uruguay; ¿cómo se va a criar y engordar el ganado en los tiempos venideros? *In*: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10ª, 2009, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 10-40.
105. SOAREZ DE LIMA, J. M. 2009. Modelo bioeconómico para la evaluación del impacto de la genética y otras variables sobre la cadena cárnica vacuna en Uruguay. (en línea). Valencia, Universidad Politécnica de Valencia. Consultado 15 feb. 2010. Disponible en <http://dspace.upv.es/xmlui/bitstream/handle/10251/6030/tesisUPV3113.pdf?sequence=1>
106. SOTO, C.; REINOSO, V. 2007. Suplementación proteica en ganado de carne. *Revista Sociedad Veterinaria del Uruguay* (Montevideo). 42 (16): 27-34.
107. SPEARS, J. W.; HATFIELD, E. E.; CLARCK, J. H. 1980. Influence of formaldehyde treatment of soybean meal on performance of growing steers and protein availability in the chick. *Journal of Animal Science*. 50: 750-755.
108. STOCK, R.; MADER; F. 2005. Procesamiento del sorgo para engorde bovino. (en línea). Lincoln, University of Nebraska. Consultado 21 ene. 2010. Disponible en [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/suplementacion/49-procesamiento\\_sorgo\\_para\\_engorde.htm](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/suplementacion/49-procesamiento_sorgo_para_engorde.htm)
109. STRICKLIN, W. R.; WILSON, L. L.; GRAVES, H. B.; E. H., CASH. 1979. Effects of concentrate level, protein source and growth promotant; behavior and behavior-performance relationships. *Journal of Animal Science*. 49: 832-837.
110. TAYLOR-EDWARDS, C. C.; HIBBARD, G.; KITTS, S. E.; MCLEOD, K. R.; AXE, D. E.; VANZANT, E. S.; KRISTENSEN, N. B.; HARMON, D. L.

- 2009a. Effects of slow-release urea on ruminal digesta characteristics and growth performance in beef steers. *Journal of Animal Science*. 87: 200-208.
111. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2009b. Influence of slow-release urea on nitrogen balance and portal-drained visceral nutrient flux in beef steers. *Journal of Animal Science*. 87: 209-221.
112. TEDESCHI, L. O.; BAKER, M. J.; KETCHEN, D. J.; FOX, D. G. 2002. Performance of growing and finishing cattle supplemented with a slow-release urea product and urea. *Canadian Journal of Animal Science*. 82: 567-573.
113. TEIRA, G.; PERLO, F.; BONATO, P.; PASINATO, A.; MONJE, A.; VITTONI, S.; GALLI, I. 2004. Encierre terminal y calidad de carnes. 3. Color de la carne y de la grasa. *Revista Argentina de Producción Animal*. 24 (1): 399-401.
114. TRENKLE, A. 2002. Relative value of white corn when fed to finishing cattle and its effects on color of carcass fat. (en línea). Iowa State University Extension. Beef Research Report. no. 1775. Estados Unidos. Consultado 24 mar. 2010. Disponible en <http://www.extension.iastate.edu/Pages/ansci/beefreports/as1775.pdf>
115. URUGUAY. INSTITUTO NACIONAL DE CARNES. DIRECCIÓN DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS ECONÓMICO. 2009. Anuario Estadístico 2008. Montevideo. 115 p.
116. \_\_\_\_\_. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. DIRECCIÓN NACIONAL DE METEOROLOGÍA. s.f. Estadística climatológica 1961-1990. (en línea). Montevideo. Consultado 20 oct. 2009. Disponible en [http://www.meteorologia.com.uy/estadistica\\_climat.htm](http://www.meteorologia.com.uy/estadistica_climat.htm)
117. \_\_\_\_\_. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. OFICINA DE PROGRAMACIÓN Y POLÍTICA AGROPECUARIA. 2007. Anuario 2006. Montevideo. s.p.
118. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Anuario 2009. Montevideo. 480 p.
119. VEIRA, D. M.; MACLEOD, G. K.; BURTON, J. H.; STONE, J. B. 1980. Nutrition on the weaned Holstein calf. II. Effect of dietary protein level on nitrogen balance, digestibility and feed intake. *Journal of Animal Science*. 50: 945-951.

120. WALDO, D. R. 1973. Extent and partition of cereal grains starch digestion in ruminants. *Journal of Animal Science*. 37: 1062-1074.
121. ZINN, R. A.; BARRAJAS, R.; MONTANO, M.; WARE, A. 2003. Influence of dietary urea level on digestive function and growth performance of cattle fed steam-flaked barley-based finishing diets. *Journal of Animal Science*. 81: 2383-2389.

## 10. ANEXOS

Anexo 1: Precipitaciones, Temperatura y Humedad Relativa medias mensuales históricas, para el departamento de Paysandú, para los meses correspondientes al periodo experimental.

	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Temperatura (°C)	11,7	11,8	12,9	14,6
Humedad Relativa (HR)	80	79	75	73
Precipitaciones (mm)	70	71	73	91

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

Anexo 2: Nivel de oferta media diaria de MS total (OMST), de concentrado (OMSC), y de voluminoso (OMSV), en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento (18/07/2009 al 18/09/2009).

	TERNEROS				NOVILLOS			
	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Kg MS/animal.día								
OMSC	4,44	4,31	4,44	4,47	10,40	10,29	10,25	10,27
OMSV	1,02	1,02	1,02	1,02	2,19	2,19	2,19	2,19
OMST	5,45	5,33	5,45	5,49	12,59	12,48	12,43	12,46
Kg MS/100 Kg peso vivo								
OMSC	2,90	2,85	2,89	2,86	3,11	3,06	3,02	2,92
OMSV	0,66	0,67	0,66	0,65	0,65	0,65	0,64	0,62
OMST	3,57	3,52	3,55	3,52	3,77	3,71	3,66	3,54

Anexo 3: Efecto de la fuente proteica sobre el nivel de rechazo de MS total (CMST), de concentrado (CMSC), y de voluminoso (CMSV), en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento (18/07/2009 al 18/09/2009).

	TERNEROS				NOVILLOS			
	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Kg MS/animal.día								
RMSC	0,17	0,20	0,24	0,15	0,28	0,36	0,29	0,27
RMSV	0,17	0,20	0,24	0,14	0,27	0,36	0,28	0,26
RMST	0,34	0,41	0,47	0,28	0,55	0,72	0,57	0,54
Kg MS/100 Kg peso vivo								
RMSC	0,11	0,15	0,16	0,10	0,09	0,11	0,09	0,08
RMSV	0,12	0,15	0,16	0,10	0,09	0,11	0,09	0,08
RMST	0,23	0,29	0,32	0,20	0,18	0,22	0,18	0,16

Anexo 4: Diferencias significativas en la eficiencia de conversión promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,4011	0,9378	0,4366
Urea	0,4011		0,3594	0,9502
Optigen	0,9378	0,3594		0,3926
Optigen+Urea	0,4366	0,9502	0,3926	

Anexo 5: Efecto de la fuente proteica en las diferencias significativas entre eficiencias de conversión en terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento.

	Ternero Expeler	Ternero Urea	Ternero Optigen	Ternero Opt+Urea	Novillo Expeler	Novillo Urea	Novillo Optigen	Novillo Opt+Urea
Ternero Expeler		0,8081	0,5373	0,5373	<0,0001	<0,0001	0,0003	<0,0001
Ternero Urea	0,8081		0,7076	0,7076	<0,0001	<0,0001	0,0006	<0,0001
Ternero Optigen	0,5373	0,7076		1,0000	0,0002	<0,0001	0,0017	<0,0001
Ternero Opt+Urea	0,5373	0,7076	1,0000		0,0002	<0,0001	0,0017	<0,0001
Novillo Expeler	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,0002		0,3450	0,4676	0,6276
Novillo Urea	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,3450		0,0990	0,6432
Novillo Optigen	0,0003	0,0006	0,0017	0,0017	0,4676	0,0990		0,2287
Novillo Opt+Urea	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,6276	0,6432	0,2287	

Anexo 6: Diferencias significativas en el peso vivo final promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,1282	0,0853	0,0546
Urea	0,1282		0,8121	0,5733
Optigen	0,0853	0,8121		0,7340
Optigen+Urea	0,0546	0,5733	0,7340	

Anexo 7: Diferencias significativas en el peso vivo a faena promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,1417	0,2265	0,0584
Urea	0,1417		0,7872	0,5598
Optigen	0,2265	0,7872		0,3951
Optigen+Urea	0,0584	0,5598	0,3951	

Anexo 8: Diferencias significativas en el peso de canal caliente promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,2331	0,3874	0,1328
Urea	0,2331		0,7369	0,6733
Optigen	0,3874	0,7369		0,4518
Optigen+Urea	0,1328	0,6733	0,4518	

Anexo 9: Diferencias significativas en el rendimiento promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,6133	0,5567	0,5328
Urea	0,6133		0,9292	0,8761
Optigen	0,5567	0,9292		0,9433
Optigen+Urea	0,5328	0,8761	0,9433	

Anexo 10: Diferencias significativas en el espesor de grasa  $\frac{1}{2}$  promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,2106	0,3979	0,3022
Urea	0,2106		0,6753	0,8734
Optigen	0,3979	0,6753		0,8029
Optigen+Urea	0,3022	0,8734	0,8029	

Anexo 11: Diferencias significativas en el espesor de grasa  $\frac{3}{4}$  promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,5530	0,3554	0,9001
Urea	0,5330		0,7512	0,6333
Optigen	0,3554	0,7512		0,4297
Optigen+Urea	0,9001	0,6333	0,4297	

Anexo 12: Diferencias significativas en el pH a las 24 horas promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,4018	0,3949	0,7506
Urea	0,4018		0,9840	0,6233
Optigen	0,3949	0,9840		0,6049
Optigen+Urea	0,7506	0,6233	0,6049	

Anexo 13: Diferencias significativas en el parámetro L (luminosidad) en el color de carne promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,6351	0,4828	1,0000
Urea	0,6351		0,2453	0,6351
Optigen	0,4828	0,2453		0,4828
Optigen+Urea	1,0000	0,6351	0,4828	

Anexo 14: Diferencias significativas en el parámetro a (índice de rojo) en el color de carne promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,0512	0,0883	0,1569
Urea	0,0512		0,7805	0,5527
Optigen	0,0883	0,7805		0,7512
Optigen+Urea	0,1569	0,5527	0,7512	

Anexo 15: Diferencias significativas en el parámetro b (índice de amarillo) en el color de carne promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,1390	0,4906	0,1997
Urea	0,1390		0,4115	0,8323
Optigen	0,4906	0,4115		0,5396
Optigen+Urea	0,1997	0,8323	0,5396	

Anexo 16: Diferencias significativas en el parámetro L (luminosidad) en el color de grasa promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,5249	0,2185	0,3095
Urea	0,5249		0,5402	0,6967
Optigen	0,2185	0,5402		0,8222
Optigen+Urea	0,3095	0,6967	0,8222	

Anexo 17: Diferencias significativas en el parámetro a (índice de rojo) en el color de grasa promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,3010	0,6397	0,2941
Urea	0,3010		0,5642	0,9875
Optigen	0,6397	0,5642		0,5538
Optigen+Urea	0,2941	0,9875	0,5538	

Anexo 18: Diferencias significativas en el parámetro b (índice de amarillo) en el color de grasa promedio de terneros y novillos consumiendo dietas altamente concentradas en confinamiento por efecto de la fuente proteica.

	Expeler	Urea	Optigen	Optigen + Urea
Expeler		0,1322	0,8248	0,1447
Urea	0,1322		0,0880	0,9592
Optigen	0,8248	0,0880		0,0968
Optigen+Urea	0,1447	0,9592	0,0968	