

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ENSILAJE DE GRANO HÚMEDO DE MAÍZ
PARA PRODUCCIÓN DE LECHE.
ESTRATEGIAS DE UTILIZACIÓN:
CORRECCIÓN PROTEICA**

por

**Gabriel BAGNATO ROMANO
Alberto BOUVIER BERNARDI
Alejandro ZORRILLA DE SAN MARTÍN FISCHER**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2007**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Fecha: -----

Autor: -----
Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

A las familias Bagnato, Bouvier y Zorrilla, por apoyarnos a lo largo de nuestras carreras.

Muy especialmente a nuestro director de tesis, Ing. Agr. Yamandú Acosta, por su excelente disposición e invaluable apoyo y orientación tanto en el transcurso de esta tesis, como en nuestro desarrollo personal y profesional.

A Esteban López y su familia.

Al personal del INIA- La Estanzuela que colaboró en nuestra tesis.

Al equipo de técnicos de la unidad de Lechería del INIA- La Estanzuela por el aporte de diversos materiales.

Al Ing. Agr. Alejandro Mendoza por su desinteresada e invaluable colaboración en este trabajo.

A la gente de Alltech por el apoyo y la colaboración con material para este trabajo.

A Eduardo Pérez y Diego Granda por su desinteresada e invaluable colaboración en esta tesis.

Agradecemos a todos aquellos que de una manera u otra colaboraron con la realización de este ensayo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>CONSUMO</u>	3
2.1.1. <u>Factores que afectan el consumo</u>	3
2.1.1.1. Factores asociados al animal	4
2.1.1.2. Factores asociados a la dieta	6
2.1.2. <u>Consumo en pastoreo</u>	7
2.1.3. <u>Efectos de la suplementación sobre el consumo</u>	8
2.2. <u>CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA SUMINISTRADA</u>	9
2.2.1. <u>Ensilaje de grano húmedo</u>	9
2.2.1.1. Introducción	9
2.2.1.2. Definición	10
2.2.1.3. Ventajas de esta técnica	10
2.2.1.4. Desventajas del ensilaje de grano húmedo	11
2.2.1.5. Técnica del ensilado	11
2.2.2. <u>Suplementación proteica</u>	12
2.2.2.1. Introducción	12
2.2.2.2. Urea o carbamido, CO(NH ₂) ₂	12
2.2.2.3. Optigen	15
2.3. <u>METABOLISMO DEL NITRÓGENO</u>	16
2.3.1. <u>Requerimientos de proteína en rumiantes</u>	16
2.3.2. <u>Requerimientos de proteína para producción</u>	17
2.3.3. <u>Importancia de los microorganismos como origen de la proteína</u>	18
2.3.4. <u>Metabolismo del nitrógeno absorbido</u>	19
2.3.4.1. Síntesis de proteína microbiana	22
2.3.4.2. Proteína degradada en el rumen	23
2.3.4.3. Síntesis de proteínas a partir de la urea	24
2.3.4.4. ¿Qué ocurre con el excedente de amonio?	27
2.3.5. <u>Digestión y absorción de los compuestos nitrogenados</u>	27

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE	28
2.4.1. <u>Composición de la leche</u>	28
2.4.2. <u>Características de la dieta que afectan la producción de leche</u>	33
2.4.2.1. Introducción	33
2.4.2.2. Utilización de alimentos de alta calidad	34
2.4.2.3. Exceso de amonio ruminal	35
2.4.3. <u>Características de la dieta que afectan la composición de la leche</u>	36
2.4.3.1. Especies forrajera	36
2.4.3.2. Calidad y digestibilidad de pastura	36
2.4.3.3. Suplementación con concentrados energéticos	37
2.4.3.4. Suplementación proteica	41
2.4.3.5. Suplementación con ensilajes grano húmedo	43
2.4.3.6. Suplementación con ensilajes	44
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	47
3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN	47
3.2. SELECCIÓN DE ANIMALES	47
3.3. TRATAMIENTOS	48
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL	48
3.5. ALIMENTOS	49
3.6. MANEJO	49
3.7. DETERMINACIONES	50
3.7.1. <u>En los alimentos</u>	50
3.7.1.1. Pasturas	50
3.7.1.2. Ensilaje	51
3.7.1.3. Concentrados	51
3.7.2. <u>En los animales</u>	52
3.7.2.1. Producción de leche	52
3.7.2.2. Componentes de la leche	53
3.7.2.3. Peso vivo y condición corporal	53
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	54
4.1. ALIMENTOS	54
4.1.1. <u>Descripción y análisis de las dietas experimentales</u>	54
4.1.1.1. Pastura	54
4.1.1.2. Ensilaje	56
4.1.1.3. Grano húmedo de maíz	56
4.1.1.4. Suplementos proteicos	57

4.1.1.5. Dieta ofrecida	57
4.1.1.6. Dieta consumida	60
4.2. PRODUCCIÓN	63
4.2.1. <u>Composición y producción de leche</u>	63
4.2.2. <u>Condición corporal y Peso</u>	66
4.3. FUNCIONES DE RESPUESTA	67
4.3.1. <u>Expeller de soja</u>	67
4.3.2. <u>Urea lenta</u>	68
4.3.3. <u>Urea rápida</u>	69
4.4. EFICIENCIAS BRUTAS	73
4.5. COMPARACIÓN DE DIETAS CON NRC	73
5. <u>CONCLUSIONES</u>	75
6. <u>RESUMEN</u>	76
7. <u>SUMMARY</u>	78
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	79
9. <u>ANEXOS</u>	88

LISTAS DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Composición aminoacídica de la leche, tejidos y los mo ruminales	24
2. Composición media más probable de la leche de vaca	28
3. Composición de la leche	29
4. Promedio de las variables medidas en las 42 vacas utilizadas	47
5. Composición del suplemento en Kg ofrecido BF según tratamiento	48
6. Cantidad y calidad de la pastura ofrecida	54
7. Cantidad y calidad de la pastura rechazada	55
8. Utilización de pasturas	55
9. Valor nutritivo del ensilaje de planta entera de maíz	56
10. Valor nutritivo del grano húmedo de maíz	56
11. Valor nutritivo de los suplementos proteicos	56
12. Composición de la dieta ofrecida	58
13. Composición porcentual de la dieta ofrecida	59
14. Composición de la dieta consumida	61
15. Composición porcentual de la dieta consumida	62
16. Composición y producción de leche	63
17. Condición corporal y peso	66
18. Funciones de respuestas de las diferentes variables de producción animal	67
19. Funciones de respuestas de las diferentes variables de producción animal	68
20. Funciones de respuestas de las diferentes variables de producción animal	69
21. Eficiencias brutas	73
22. Composición de la dieta consumida predichos por NRC	74
23. Comparación de la dieta consumida con los requerimientos	74

Figura No.	
1. Esquema de las diferentes respuestas a la suplementación	8
2. Esquema del uso de la proteína	20
3. Utilización de las diferentes fuentes de nitrógeno por los microorganismos del rumen (Nava y Díaz, 2001)	20
4. Respuesta en producción de leche según nivel y fuente de N	69
5. Respuesta en producción de LCG según nivel y fuente de N	70

6. Respuesta en producción de LCE según nivel y fuente de N	70
7. Respuesta a los Kg de proteína en leche según nivel y fuente de N	71
8. Respuesta a los Kg de SNG en leche según nivel y fuente de N	72

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años los procesos de producción han experimentado importantes cambios, enfrentándose a un sector consumidor cada vez más exigente y una economía globalizada en donde solo las empresas eficientes basadas en esquemas sustentables serán las que permanezcan en el mercado. Por lo tanto la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos disponibles y la obtención de productos de calidad, se han vuelto cada vez más determinantes del resultado económico de la empresa.

La presencia y utilización de Ensilajes de Grano Húmedo (EGH) en los predios lecheros del país muestra una tendencia creciente y sostenida. Si bien es una técnica relativamente nueva, la relación costos/resultados tiende a indicar que la misma es una tecnología de las que “vino para quedarse”. En este sentido es claro, como lo es también para la mayoría de los sistemas de producción animal, que en condiciones no limitantes de ingesta de proteína, la “llave” de la producción radica en el control de la ingesta de energía, propósito al que los ensilajes de granos húmedos de cereales se aplican muy apropiadamente.

La información internacional indica que además de tratarse de una reserva de granos, ingredientes energéticos de por sí, el cosecharlos antes de la madurez completa y someterlos además a un proceso de ensilado, hace que el almidón cosechado y almacenado en estos suplementos mejore su disponibilidad en el tracto digestivo, porque las estructuras conteniendo el almidón no se encuentran en una matriz rígida que es la que generalmente presenta mayor resistencia a la digestión en el caso de granos maduros secos.

El tipo de suplementos por sus efectos nutricionales directos y por su potencial de interacción con los otros componentes de la dieta, es esperable muestren diferencias en rendimiento de leche en volumen, y además en sólidos lácteos, que en definitiva califican la leche tanto en términos de aptitud industrial como en valor económico de esa materia prima.

Finalmente cabe acotar que en la mayor parte de las situaciones corrientes de alimentación, los EGH son utilizados cuando las asignaciones de pastura son limitantes en volumen (otoño e invierno) o en perfil nutricional es pobre (verano), particularmente en lo que a tenor proteico refiere, y generalmente complementadas con forrajes conservados con bajos a muy bajos contenidos de proteína cruda. Todo esto lleva a que, con frecuencia los EGH se están utilizando en condiciones restrictivas en cuanto a proteína cruda, lo que seguramente limita y/o modifica el potencial de respuesta de estos suplementos.

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de 3 fuentes de proteína cruda siendo las mismas, una fuente de nitrógeno no proteico (NNP) de alta solubilidad (UR), una fuente de NNP de solubilidad lenta (UL) y una fuente de nitrógeno en base proteína verdadera (PV) ofrecidas en tres niveles de suministro, sobre una dieta base común a todos los animales, compuesta por Ensilaje de Grano Húmedo de Maíz (EGHM), ofrecido a razón de 5 kg/v/d base fresca, una asignación diaria igual de praderas pluri anuales mezcla de gramíneas y leguminosas bajo pastoreo directo y ensilaje de maíz de planta entera ofrecido a razón de 30 Kg /v/d base fresca, en comederos colectivos por tratamiento de nivel y fuente de nitrógeno, en términos de producción de leche, composición de la leche, variación de peso y condición corporal, de vacas lecheras en lactancia media.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONSUMO

2.1.1. Factores que afectan el consumo

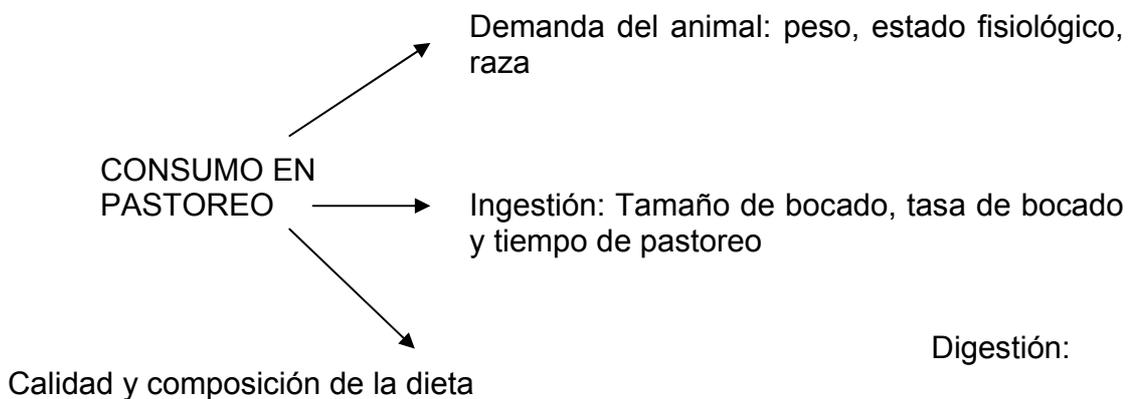
La cantidad de alimento que un animal puede consumir es el factor más importante en la determinación de la performance animal. La productividad de un animal dada cierta dieta, depende en más de un 70 % de la cantidad de alimento que pueda consumir y en menor proporción de la eficiencia con que digiera y metabolice los nutrientes consumidos (Waldo, 1986).

Muchos autores coinciden en señalar que la cantidad de alimentos consumidos principalmente antes que se alcance el pico de producción de leche, es un factor crítico y determinante para alcanzar el máximo rendimiento en vacas de alta producción (Broster 1972, Wagnsness 1981).

Entonces un mayor conocimiento de los determinantes del consumo voluntario nos permitirá un uso más eficiente de los alimentos, así como también una explotación más adecuada del potencial genético de vacas de alta producción.

Los factores que actúan sobre el consumo voluntario pueden agruparse en:

- 1) Factores asociados al animal.
- 2) Factores asociados con la dieta
- 3) Factores “ambientales”



Según Raymond (1969), Arnold (1970, 1981); la selección de la dieta esta influenciada por:

- 1) Características del animal (especie, raza, edad, estado fisiológico).
- 2) Atributos de la pastura.

Bajo las condiciones de pastoreo de otoño-invierno se encuentran generalmente pasturas de bajo contenido de materia seca y baja disponibilidad respectivamente. Esto tiende a deprimir la performance animal, ya que los animales no logran obtener un consumo adecuado de nutrientes; en cantidad y calidad. Por esta razón es común que en los establecimientos lecheros se restrinja el forraje sustituyéndolo por otros alimentos (concentrados y voluminosos).

2.1.1.1. Factores asociados al animal

Producción de leche

La producción actúa como uno de los factores que directamente afecta el consumo, ya que al aumentar la producción de leche aumenta la demanda del animal, por lo cual existe un incremento en el consumo (Mertens, 1994).

Journet (1976) encontró que en general existe un incremento de consumo por el aumento en la producción de leche, siendo este aproximadamente de 0,28 Kg MS/Kg de LCG. Sin embargo, es necesario considerar el efecto de los distintos tipos de dietas sobre el consumo (Journet 1976, Mertens 1994).

Tamaño del animal

El tamaño del animal determina el volumen de la cavidad abdominal, por lo cual determina también la posibilidad de expansión del rumen. Cabe resaltar que este factor pierde importancia a medida que aumenta la concentración de la dieta.

Por lo tanto si la dieta se compone de una gran proporción de forrajes, donde los mecanismos físicos son de mayor importancia en la regulación, resulta apropiado expresar el consumo en función del peso vivo, por la relación existente entre el tamaño del animal con el volumen de la cavidad abdominal (Bines 1976, Mertens 1994). Sin embargo, existen trabajos que indican una baja correlación entre tamaño corporal y volumen ruminal (Snnifen et al., 1993). Ahora para dietas de alta concentración energética, la variación en el consumo debido al tamaño del animal sería minimizada con la utilización del peso

metabólico (kg /PV 0,75/d) debido a que la demanda de energía esta expresada en esta misma base y esta es quien regula el consumo (Mertens, 1994).

En general, aumentos de peso vivo incrementan el consumo de materia seca pero en diferentes proporciones. Para vacas entre 350 – 650 kg PV, con dietas ricas en energía y digestibilidad, entre 67% y 79%, existe un incremento en el consumo de 2,2 kg MS cada 100 kg de incremento de PV (Bines, 1976).

Estado fisiológico

La preñez posee efectos diferentes según el momento en que se lo considere. A inicios de esta existe un aumento del apetito debido a los posibles aumentos de los requerimientos debido al desarrollo del feto y a balances hormonales (Bines, 1976). Existen variaciones en el nivel de consumo según la etapa de lactancia en que se encuentre la vaca (Journet, 1976).

A partir de la segunda a cuarta semana previa a la parición ocurre un descenso en el consumo que varia en su magnitud dependiendo de la dieta; este efecto se ve acentuado cuatro o cinco días antes del parto. Luego del parto la producción de leche se incrementa rápidamente llegando a su máximo a los 35 – 50 días posparto, no es así el pico consumo, el cual se alcanza cuatro a ocho semanas más tarde (dependiendo de la edad de la vaca), por lo cual esto frecuentemente lleva a un déficit energético que puede alcanzar gran magnitud. Por este motivo las vacas pueden perder peso de forma importante para mantener la producción de leche, pero esta energía es usada con menor eficiencia que la proveniente de la dieta (50% vs 60%) (Van Es, 1983). Este retraso entre capacidad de producción y capacidad de ingerir alimento puede ser explicada por mas de un factor, como cambios de metabolitos en la sangre; estos pueden estar asociados a cambios hormonales que afecten el centro de consumo, por ejemplo vía prostaglandinas (Bines, 1976).

La lactación produce un incremento del consumo de alrededor de 30 – 40 % mas que las no lactantes; este efecto depende fundamentalmente de la composición de la dieta (Bines, 1976)

Estado corporal

El consumo voluntario de animales gordos es inferior al de los flacos. Una de las hipótesis que explicarían esto, es la existencia de una restricción del volumen de la cavidad abdominal por la acumulación de tejido adiposo que limita la expansión ruminal (Bines, 1976). También existen limitaciones de origen metabólico debido al mayor nivel de ácidos grasos existentes en sangre de vacas gordas, por lo cual estos actúan con una menor tasa de absorción de AGV desde el rumen y por consiguiente, una menor tasa de digestión, lo que limita el consumo (Bines, 1976).

Crecimiento

Por lo general se considera que las vacas no alcanzan su tamaño adulto hasta los seis o siete años de edad, por lo que si la nutrición es adecuada, existiría cierto crecimiento hasta la tercera o cuarta lactancia (Bines, 1976). También se ha comprobado que al aumentar el número de lactancias del animal, el consumo se incrementa, disminuyendo las diferencias entre vacas y vaquillonas a medida que aumenta la proporción de concentrados en la dieta, pasando de 25% para dietas con 40% de concentrado, a 11% con dietas de 90% de concentrado (Bines, 1976).

2.1.1.2 Factores asociados a la dieta

Mertens (1994), encontró que los mecanismos de regulación del consumo pueden subdividirse en tres:

1. Regulación fisiológica
2. Limitación física
3. Modulación fisiogénica

La regulación fisiológica se basa en el principio de la homeostasis para mantener el equilibrio fisiológico. El mecanismo fisiológico actúa cuando el animal consume dietas con alta concentración de energía, con alimentos muy palatables y rápidamente digestibles. En los casos en que la concentración energética de la dieta es muy baja, el animal no logra compensar sus necesidades con el aumento de consumo por lo que utiliza su capacidad de comenzar reduciendo las salidas de energía, bajando la productividad o consumiendo reservas (Mertens, 1994).

La limitación física del retículo – rumen es generalmente aceptada como el factor más limitante en el consumo de forrajes y dietas de alta fibra (Mertens, 1994). También es probable que la distensión requerida para satisfacer la

demanda (performance potencial) varíe con el estado fisiológico. Existe una relación entre el contenido ruminal y el consumo, aumentando este último a medida que aumenta la remoción de material del rumen. En general cuando el potencial productivo es alto y el animal consumió solo forraje, la limitación por llenado restringe el consumo, siendo en estas condiciones de alta demanda donde se mide el consumo potencial por no tener limitación en la demanda energética.

Con relación al forraje, la limitación física del consumo del mismo está relacionada directamente con el contenido de pared celular que constituye la fracción verdaderamente estructural del forraje (Van Soest, 1965). Resultados de Van Soest (1965) indican una relación curvilínea entre el consumo y el contenido de pared celular, con una disminución creciente de aquel ante el aumento del contenido de pared celular.

Arnold (1970) señala que la ingestión de agua en el forraje ha sido correlacionada con el consumo de materia seca pero que no se ha establecido una relación causal entre ellos. Journet (1976) indica que el bajo contenido de materia seca del forraje reduce el consumo de aproximadamente 1 kg MS por cada disminución de 4 puntos en el contenido de materia seca.

2.1.2. Consumo en pastoreo

En condiciones de pastoreo el consumo puede ser expresado como el producto de la tasa de consumo (g/minuto) y el tiempo de pastoreo efectivo (minutos). La tasa de consumo a su vez puede ser descompuesta por el producto entre la tasa de bocado (bocados/minutos) y peso de bocado individual (g/bocado).

El peso de cada bocado se compone del volumen de forraje cosechado por el animal y la densidad del horizonte de pastoreo. El volumen cosechado en un bocado individual va a ser resultado de la profundidad de pastoreo (plano vertical) y del área que el animal es capaz de cubrir con la lengua.

Las características de la pastura (altura, densidad, altura de las vainas) resultan imprescindibles para comprender y cuantificar la ingestión de forraje por los animales en pastoreo. La altura es la variable más directamente asociada al tamaño de bocado y a las tasas de consumo instantáneo. En líneas generales a medida que disminuye la altura y/o la densidad de la pastura, el peso de cada bocado declina y puede ser compensado, dentro de ciertos límites, por un aumento en el tiempo de pastoreo y en la tasa de bocado.

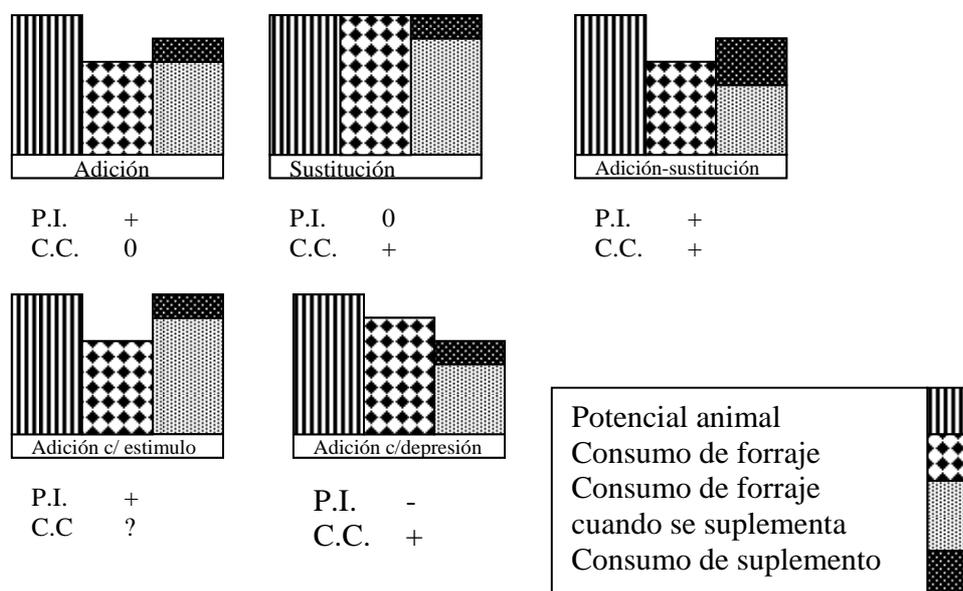
Además de las características anteriormente mencionadas existen otros factores (barreras físicas, contenido de materia seca del forraje, etc), que deben ser considerados como determinantes del consumo de forraje por parte del animal en pastoreo.

2.1.3. Efectos de la suplementación sobre el consumo

Los objetivos de la suplementación son los siguientes; aumentar el nivel de producción individual, aumentar la capacidad de carga, balancear los nutrientes y con esto mejorar la eficiencia de utilización del alimento, y evitar sobre y subpastoreo (Lange 1980, Leaver 1985, Orcasberro 1991).

Al suplementar animales en pastoreo, pueden haber varias modificaciones en el consumo total, en la cantidad de forraje que el animal obtiene de la pastura, y la capacidad de carga de ésta (Lange, 1980). El mismo autor clasificó los efectos de la suplementación de la siguiente manera:

Figura N° 1: Esquema de las diferentes respuestas a la suplementación



P.I.: Productividad potencial del animal
C.C.: Capacidad de carga

El efecto de suplementación con concentrados energéticos sobre el consumo depende de la cantidad y calidad de la pastura ofrecida, el tipo, nivel y momento de suministro del concentrado y el potencial el animal. En general, la

tasa de sustitución de forraje por suplemento aumenta con la cantidad y calidad de la pastura disponible para el animal, con la cantidad de concentrado suministrado y es mayor cuando se suministran concentrados almidonosos frente a concentrados energéticos fibrosos (Van Vuuren 1986, Rearte 1992, Orcasberro 1992, Mattiauda 1997). Con alta sustitución la consecuencia directa de la suplementación sería un aumento de la capacidad de carga del sistema (Gagliostro et al., 1986).

La reducción del consumo de forraje (sustitución) por efecto del consumo de concentrado puede deberse a la modificación de la conducta del animal; dedica menos tiempo al pastoreo al ser más accesible y más palatable el concentrado (Orcasberro, 1992), por el incremento en el grado de llenado por el consumo del concentrado, y por la interferencia que tenga el concentrado con la digestión de la fibra a nivel ruminal (Rearte 1992, Orcasberro 1992).

2.2. CARACTERISTICAS ASOSIADAS A LA DIETA

2.2.1. Ensilaje de grano húmedo

2.2.1.1. Introducción

La intensificación de los sistemas de producción, de carne o leche basadas en esquemas pastoriles, se fundamenta en el incremento de la carga animal, en procura de aumentar el aprovechamiento del recurso mas barato, la pastura.

Las características de la pastura, ritmo de crecimiento y composición, lleva a que el déficit invernal sea básicamente en energía. Por lo tanto la utilización de granos que aportan energía, como maíz y sorgo, son la base de la mayoría de los esquemas de suplementación. Esta estrategia cumple un rol importante para complementar y/o sustituir a las pasturas naturales escasas, buscando un aprovechamiento más eficiente del forraje y un mayor margen económico de la empresa.

Nuestra lechería es uno de los principales Complejos Agroindustriales y uno de los sectores más dinámicos en la agropecuaria uruguaya en términos de búsqueda e incorporación de innovaciones tecnológicas. Entre otros aspectos cuenta con una importante experiencia en utilización de concentrados en combinación con pasturas y suplementos. En este marco de búsqueda de diversas alternativas de alimentación, se plantea la utilización de diferentes opciones alimenticias, dentro de las cuales el Ensilaje de Grano Húmedo (EGH) aparece como una alternativa por su ventajosa relación densidad energética/costo.

2.2.1.2. Definición

Ensilaje de Grano Húmedo se define como el grano cosechado con una humedad comprendida entre el 23 y 40%, que es conservado sin previo secado, en condiciones de anaerobiosis (Chalkling et al., 2003).

Este tipo de alimento es una fuente de energía con escaso aporte de nitrógeno (PC) y minerales (Cenizas) y mayor proporción de la energía disponible en forma de compuestos rápidamente fermentecibles (Acosta et al., 2002).

2.2.1.3. Ventajas de esta técnica

- a) Permite desocupar el lote más tempranamente, favoreciendo los planteos de rotación (en muchos casos se adelanta casi 1 mes).
- b) Produce ahorro en flete y secado del grano, fundamentalmente en lugares donde se dificulta cosechar con bajo contenido de humedad.
- c) Disminuyen significativamente las pérdidas de granos a la cosecha, debido al menor porcentaje de desgrane que tiene el material húmedo.
- d) Disminuye la necesidad de maquinarias e instalaciones (silos metálicos fijos, etc) para la preservación del grano seco.
- e) El valor nutricional del grano de maíz conservado húmedo, es al igual que el seco, una fuente de energía, pero con algunas características importantes:
 - en maíz húmedo el contenido de Proteína Bruta es de 10 a 12 % vs. 8 a 9 % en maíz seco;
 - en referencia a la degradabilidad ruminal del almidón, investigaciones de la Univ. de Cornell (EE.UU.), indican un mayor grado de la misma en grano húmedo, debido a que el almidón forma una masa más amorfa, lo que incrementa su grado de solubilización en rumen y la tasa de digestión bacteriana (Nocek, 1987), aspecto importante para sistemas intensivos de alimentación;
 - el grano húmedo de maíz presenta mayor Energía Digestible y Energía Neta, que el seco.

2.2.1.4. Desventajas del ensilaje de grano húmedo

- a) Se pierde la posibilidad de vender el grano.
- b) Equipamiento adicional puede ser necesario.
- c) Instalaciones adicionales para almacenamiento pueden ser necesarias.
- d) EGH puede requerir de mejor manejo de almacenaje y alimentación que el grano seco.

2.2.1.5. Técnica del ensilado

El grano quebrado o molido, permite eliminar rápidamente el oxígeno, asegurando una correcta compactación y fermentación y mejorando el aprovechamiento a nivel ruminal por parte de las bacterias, incrementando la superficie de ataque, la tasa de pasaje y el nivel de consumo.

Luego del molido, se procede al llenado del silo (puede usarse un tractor con pala), adicionándose el grano en capas delgadas. Es conveniente hacer silos bunker, trinchera o subterráneo, llenándolo en el menor tiempo posible para disminuir pérdidas por respiración. El cerramiento debe ser hermético, siendo práctico el empleo de una capa de plástico grueso asegurado con tierra o cubiertas usadas.

Un tipo de silo que minimiza el problema del tiempo de llenado vs. las pérdidas por respiración, es el silo bolsa o silo-press. Este sistema utiliza bolsas de 2,40 a 3 mts de diámetro y hasta 80 mts de longitud, con volúmenes de hasta 350 Tn.

El sistema silo-press facilita la eliminación del aire durante el llenado y reduce las pérdidas durante la confección, estabilización y suministro. Al no necesitar ningún tipo de estructura adicional para su confección, se posibilita hacerlo en cualquier lugar del campo, disminuyendo costos al momento del suministro. En establecimientos pequeños o medianos, una forma práctica de ensilar es plantando postes a 2 mts de distancia cada uno, con hebras de alambre liso cada 20 cms. Se recubre el piso y los laterales con plástico de 100 a 150 micrones de espesor, se procede al llenado del silo y se tapa con el plástico sobrante en los laterales. Se asegura con piolas, cubiertas, etc.

2.2.2. Suplementación proteica

2.2.2.1. Introducción

La suplementación alimenticia en los rumiantes es una alternativa válida para corregir y mejorar la disponibilidad de los nutrientes limitantes, tanto para los procesos fermentativos en el rumen, como por su aporte para la digestión propia del animal (enzimática). Con esta práctica se pueden obtener mejores eficiencias en el uso de los pastos de bajo valor nutritivo y mejorar las ganancias de peso.

Lo que se desea con la suplementación es obtener una relación entre energía y proteína que favorezca un mayor crecimiento microbiano en el rumen, y una buena absorción de los ácidos orgánicos, con aumento la digestibilidad de la fibra, extracto libre de nitrógeno para poder cubrir la demanda nutritiva del animal (De León Godoy et al., 1991b).

El efecto de la suplementación debería observarse sobre el consumo voluntario, digestibilidad, o en la eficiencia con que el animal utiliza los productos de la digestión (Riquelme 1984, De León Godoy et al. 1991b). El consumo voluntario y digestibilidad están relacionados con las tasas de degradación y remoción del material alimenticio que llega al rumen, aunque también, la tasa de degradación depende de las características intrínsecas de cada forraje y de la cantidad, tipo y actividad de los microorganismos presentes (Conrad et al., 1964).

La utilización de ciertas fuentes nitrógeno no proteico (NNP) en el rumen, como es el caso de la urea, pueden verse limitadas en sus efectos por deficiencias de estas fuentes durante ciertos períodos del día, especialmente debido a la alta tasa fermentativa de este producto. Esta tasa, por lo general, alcanza su pico máximo a las dos horas después del consumo (Orskov, 1982).

2.2.2.2. Urea o carbamido, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

La urea es una fuente de nitrógeno para los rumiantes. Sin embargo, su uso depende de la habilidad de la flora microbiana del rumen para incorporarla en la formación de sus propios tejidos. La urea siempre aporta beneficios al animal, ya que habiendo disponibilidad de forraje (aunque de baja calidad) aumentará el consumo voluntario, así como las tasas de digestión de la fibra y de pasaje del alimento a través del tracto digestivo. Cabe mencionar que el aumento del consumo de pasto seco, induce a los animales a consumir los forrajes y/o pastos menos palatables, favoreciendo así el aprovechamiento de grandes

cantidades de material fibroso, generalmente subutilizado durante el verano (Araque, 2000).

La urea es la fuente de NNP más empleada comúnmente debido a su costo, disponibilidad y empleo histórico (Maynard et al., 1984).

Cuando el rumiante consume urea, primeramente es hidrolizada en amoníaco y anhídrido carbónico en el rumen mediante la enzima ureasa que es producida por ciertas bacterias. Por otra parte, los carbohidratos son degradados por otros microorganismos (mo) para producir ácidos grasos volátiles y cetoácidos.

Es la fuente más barata de nitrógeno sólido. Es un polvo blanco, cristalino y soluble en agua, que se utiliza como fertilizante. La urea contiene 46% de nitrógeno y, por consiguiente, 1 kg de urea equivale a 2,88 kg de proteína bruta ($6,25 \times 0,46$). En la mayoría de las raciones, esto equivale a un contenido de proteína bruta digestible de 200%. La urea fertilizante es higroscópica y se cuaja con mucha facilidad, lo que hace difícil mezclarla en los piensos sólidos. Al objeto de mejorar las características de fluidez, la urea se trata convirtiéndola en urea de calidad para pienso (42% de nitrógeno), en la cual cada grano de urea se cubre de caolina o de alguna otra sustancia no higroscópica. La urea fertilizante, que es más barata, puede, sin embargo, utilizarse cuando se mezcla con piensos sólidos, si se añade en forma de suspensión o de solución en melaza. En concentraciones superiores al 10%, la urea interrumpirá el crecimiento bacteriano y la fermentación, pero tiene un sabor muy amargo y, si se emplea en dosis muy elevadas, limitará la ingesta.

Entre los NNP, la urea es el que se utiliza más ampliamente. Las semillas de algunas leguminosas, especialmente la soja, contienen una enzima, la ureasa, que descompone la urea y hace inapetecible el pienso. La ureasa queda en gran parte destruida por tratamiento térmico, en el cual los granos y las harinas oleaginosas pueden mezclarse con urea. Un ensayo sencillo para asegurarse de que ninguno de los ingredientes que se mezclarán con la urea contengan ureasa consiste en humedecer una mezcla de urea y los ingredientes sospechosos, y dejarlos reposar bajo cubierta durante una hora. Si se produce olor a amoníaco, el ingrediente contiene ureasa y no debe mezclarse con la urea.

Toxicidad

Cuando el nivel del amoníaco en el rumen es elevado, las cantidades que penetran en la circulación sanguínea pueden alcanzar niveles tóxicos envenenando al animal. El amoníaco se libera más rápidamente a partir de una fuente de nitrógeno no proteico de buena solubilidad (urea o fosfato diamónico), que a partir de una fuente de nitrógeno no proteico de escasa solubilidad (biuret). El nivel del amoníaco en el rumen será también bajo si la microflora es activa y capaz de aprovechar el amoníaco a gran velocidad. Esto se logra suministrando un carbohidrato de fácil fermentación como la melaza, o un alimento amiláceo. El aumento repentino de la concentración de amoníaco en el rumen puede tener consecuencias fatales para el animal. Se aconseja distribuir la ingesta de urea en varias comidas al día, lo que mejorará su asimilación.

La urea, al contrario de lo que ocurre con la proteína, no contiene calorías, fósforo, ni azufre y, por consiguiente, un pienso mixto que contenga urea debe suplementarse para contrarrestar estas deficiencias. En general, se han obtenido malos resultados cuando se ha suministrado la urea en raciones en que las grasas aportaban una parte esencial de las calorías.

Usos

Existe una determinada cantidad máxima de bacterias que puede producirse al día por el rumen, por lo que no es posible aportar, en el caso de animales de gran rendimiento, las necesidades totales de proteínas en forma de nitrógeno no proteico. Las fuentes de calorías utilizadas con el nitrógeno no proteico deben fermentarse fácilmente en el rumen. Los carbohidratos con melazas se fermentan perfectamente en el rumen, mientras que hasta el 30% del almidón procedente de grano puede pasar al estómago sin degradarse. y no quedar disponible para la síntesis.

Hay dos formas principales de utilizar el nitrógeno no proteico:

1. El nitrógeno no proteico puede emplearse solo o con una pequeña cantidad de calorías. Los bovinos que consumen exclusivamente forraje de mala calidad suelen tener una ingesta de proteínas y calorías demasiado baja. Si se suministra nitrógeno adicional, la ingesta de materia seca aumentará generalmente, y la situación nutricional mejorará. El biuret se puede suministrar solo, mientras que la urea debe mezclarse con una fuente energética para evitar la toxicidad. La adición de almidón solo, o de otro carbohidrato de fácil fermentación, a una ración rica en forrajes deficientes en proteína, hará que disminuya la digestibilidad del forraje, a causa de la competencia que se establece para el nitrógeno entre las bacterias de crecimiento rápido

consumidoras del almidón, y las bacterias celulolíticas de crecimiento lento. El nitrógeno adicional, en forma de nitrógeno no proteico, por consiguiente, hará que, en estos casos, aumente la digestibilidad del forraje.

2. El NNP (generalmente urea) puede emplearse como sucedáneo barato de la proteína pura en piensos equilibrados.

Valor biológico de la proteína microbiana

Múltiples experimentos con ganado vacuno y ovino han inducido a pensar que la calidad de la proteína dietética tiene relativamente poca importancia, porque todas las fuentes de nitrógeno se convierten en gran proporción en proteína microbiana en el rumen, y el animal hospedante recibe proteína de calidad más o menos normal independientemente de su dieta. Las investigaciones han demostrado que el valor biológico de las proteínas es mucho menos variable para los rumiantes que para los no rumiantes. La proteína microbiana suele tener un valor biológico de 60 a 70. Cuando se administran raciones mixtas o proteínas específicas de valor biológico más alto, las bacterias muestran tendencia a degradar su valor. Cuando se administra proteína de baja calidad, como la del maíz, aumenta su valor por la microflora del rumen.

Aunque existe una posibilidad de que los suplementos de aminoácidos de raciones prácticas puedan resultar beneficiosos en lo futuro para obtener los niveles más altos de producción de leche o los índices máximos de ganancia de peso con ganado vacuno de carne, los resultados de las investigaciones no han demostrado hasta la fecha el valor de dichos suplementos.

2.2.2.3. Optigen

Es un tipo de urea cubierta con un polímero biodegradable que tiene la característica de liberarse paulatinamente. Este material es un nitrógeno altamente concentrado. Puede realzar la función del rumen aportando el nitrógeno a las bacterias ruminales en una tasa que optimice la conversión del nitrógeno en la proteína bacteriana. También aumenta la densidad del nitrógeno de la fracción proteica de la dieta, y crea más espacio para la inclusión de la fibra digestible y de la energía de la ración. (Akay et al., 2004). Tomando en cuenta lo anterior es preciso probar la eficacia de Optigen en la digestibilidad y producción de amonio en rumiantes.

En vista de las características de este nuevo producto se establece como un supuesto reducir el riesgo de intoxicación por exceso en la producción de amonio que se origina cuando se suministra urea común. Es preciso mencionar

que la utilización de Optigen podría significar una reducción en los costos de producción lo cual beneficiaría al productor pecuario.

El recubrimiento de polímero tecnológicamente avanzado que permite una liberación controlada de sustancias alimenticias encapsuladas, tales como la urea, permite que los productores lecheros reemplacen los productos dietarios actuales, como la proteína de soja. Estudios in vitro con Optigen han demostrado la habilidad de la cubierta de polímero de liberar nitrógeno a la bacteria ruminal a relativamente el mismo índice que la harina de soja. Debido a que Optigen es una fuente de nutrientes concentrada, los productores lecheros ganarán espacio en las raciones animales al sustituir Optigen por otros alimentos proteicos, permitiéndoles agregar otros ingredientes, tales como forraje o subproductos, los cuales pueden mejorar la salud del rumen, el bienestar animal y costos dietarios más bajos. Dietas mejor y apropiadamente balanceadas con Optigen promueven una mejor actividad de las bacterias fibrolíticas, más producción de proteínas microbianas, una necesidad disminuida de proteína importada, y una mejor gestión ambiental de nitrógeno en menor desperdicio. Los resultados documentados en dietas animales comerciales incluyen el incremento en producción de leche y los componentes de la misma.

2.3. METABOLISMO DEL NITRÓGENO

2.3.1. Requerimientos de proteína en rumiantes

En los rumiantes se consideran dos tipos de requerimientos:

- del animal per se;
- de los micro organismos del rumen.

Cubrir los requerimientos del animal significa proveerle de la cantidad necesaria de aminoácidos (AA) esenciales además de N y energía para la síntesis de AA no esenciales.

La población microbiana del rumen tiene la capacidad de sintetizar todos los AA esenciales; este proceso de síntesis microbiana está influido principalmente por la concentración de NNP en el líquido ruminal y por la presencia de AA que pueden actuar como estimulantes de la síntesis (Fauconneau et al., 1970).

De esto se deduce que se puede cubrir los requerimientos de los microorganismos proveyendo a estos con una mínima cantidad de proteína y el grueso de los requerimientos con NNP.

Los requerimientos del animal varían con el estado fisiológico en que se encuentre; por lo tanto animales en primer tercio de lactación o animales jóvenes tendrán altos requerimientos de proteína (Roy et al., s.f.).

Si los requerimientos proteicos del animal no son satisfechos, el flujo de proteína al duodeno puede ser incrementados a través del aumento de proteína en la dieta o utilizando proteína de baja degradabilidad; si el incremento se busca con una proteína de alta degradabilidad el resultado podría ser una pobre utilización del N extra suministrado (Carpenter et al. 1973, Sandholm et al. 1976, Ben-Ghedalia 1976), pues no habrá un aumento en el flujo de N al duodeno dado que poca proteína escaparía de la acción de los microorganismos del rumen y los requerimientos de síntesis de estos ya estaban cubiertos (Maynard, 1984).

2.3.2. Requerimientos de proteína para producción

Es muy importante maximizar la síntesis de proteína en el rumen para contribuir a cubrir parte de los requerimientos y por otro lado proveer óptimas cantidades de proteína sobrepasante balanceada en AA de acuerdo a la eficiencia lograda en el rumen y nivel de producción (Bull y Cleal 1981, Astibia et al. 1982, Stern et al. 1993).

Los altos niveles de producción de leche alcanzados en lactancias tempranas requieren un nivel de proteína cruda (PC) que excede al rendimiento de proteína microbiana (PCM). Este déficit debe ser cubierto con el aporte de proteína sobrepasante, dentro de esta la composición de AA absorbibles a nivel intestinal determina la calidad de la misma para determinado propósito, ya que debe de cubrir los AA específicos requeridos (NRC 1988, Chalupa y Sniffen 1991).

La composición del tejido movilizado tiene una alta proporción de grasa y relativamente baja proteína, por ello el aporte de AA que puedan ser absorbidos intestinalmente para ser metabolizados, balancea el déficit de AA y mejora la eficiencia de utilización de la EM. Si estos AA no son suministrados el exceso de energía puede perderse como calor, ser oxidado, nuevamente metabolizados a grasa corporal o bien limitar la movilización (Oldham, 1984).

Hacia mitad de lactación la producción baja y el consumo es mayor generando un balance energético positivo en la vaca lechera por lo que los requerimientos de PC se reducen a 17 – 18% de PC y 40% sobrepasante (NRC, 1988).

Sobre la última etapa de lactancia la producción sigue declinando por lo que se recomiendan tenores de 15 – 16% de PC y 36 – 38% sobrepasante (NRC, 1988).

La clave en la alimentación proteica ha sido el desarrollo de modelos que predicen el flujo de AA al intestino delgado, absorción de AA y utilización de ellos para mantención y producción. Se ha encontrado que para dietas donde la mayor parte de la proteína proviene de soja y sus subproductos los principales AA limitantes son la metionina y la lisina (Chalupa y Sniffen, 1991). Las fuentes proteicas animales, en especial harina de pescado, aportan niveles adecuados de ambos AA. Los ensilajes de maíz se caracterizan por ser deficientes en metionina (Setter 1986, Minson 1990).

Consumos extremadamente bajos de proteína pueden deprimir la producción por reducción de la síntesis de lactosa y de la movilización del tejido adiposo (Huber et al., 1981). En estos casos, la energía en excesos es preferentemente derivada a grasa corporal. Por ello el balance energía proteína puede modificar la partición de nutrientes en la vaca lechera (Bull y Cleale 1981, Oldham 1984).

Cuando los AA son provistos en exceso a los requerimientos, los mismos son desaminados y los esqueletos carbonados son oxidados parcial o totalmente o almacenados en grasa corporal y el exceso de N es convertido en urea (Oldham, 1984).

2.3.3. Importancia de los microorganismos como origen de la proteína

Los microorganismos del rumen presentan gran importancia en el origen de la proteína, tienen del 20-60% de PC de su MS; el promedio de PC se divide en Bacterias (50+-5%) y Protozoarios (40% +-20-60%) (Owens y Zinn, 1988).

El N que usan los microorganismos para síntesis de proteína viene de: proteína de la dieta; NNP; N reciclado por el rumen para su reutilización (Owens y Zinn, 1988).

Sólo a base de NNP las vacas pueden reproducirse y lactar. La proteína cruda microbiana (PCM) fluye por el omaso, abomaso, e intestino para su digestión. La mitad de PCM son Protozoarios y la proporción de ellos que pasan al intestino es 10% aproximadamente.

Con baja proteína en la dieta el porcentaje de proteína que viene de PCM aumenta, pero la cantidad de PCM esta limitada por la cantidad de nutrientes y energía (ATP) para que crezcan los microorganismos.

El NNP es inútil en exceso y puede ser negativo pues reduce el consumo o incrementa las pérdidas de energía. El catabolismo de energía y proteínas tiene costo (Owens y Zinn, 1988).

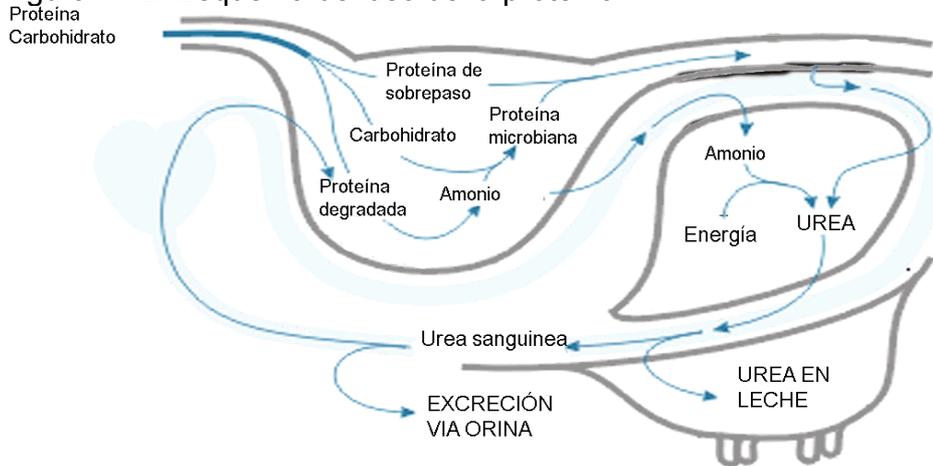
2.3.4. Metabolismo del nitrógeno absorbido

Los microorganismos del rumen degradan la proteína del alimento a péptidos, aminoácidos y finalmente amoníaco. El amoníaco parece ser el principal producto final de la degradación proteica y es utilizado por la mayoría de las bacterias ruminales para sintetizar proteína bacteriana (Allison 1970, Bryant 1970). Los protozoos consumen y digieren bacterias, partículas alimenticias, aminoácidos libres y bases púricas y pirimídicas y sintetizan su propia proteína protozoaria. Posteriormente, una gran proporción de la proteína microbiana es enzimáticamente hidrolizada a aminoácidos en el intestino delgado donde, después de absorbidos, se encuentran disponibles para ser utilizados por el animal. Los compuestos de nitrógeno no proteicos de la dieta, por ejemplo urea, son hidrolizados a amoníaco por los microorganismos ruminales, el cual puede también ser convertido a proteína microbiana.

Para absorción y metabolismo del N el órgano clave es el hígado pues sintetiza las proteínas, provee a la circulación de los AA cuando los necesita y procesa el N para su excreción cuando existe en exceso. Su funcionamiento apropiado no sólo depende de su capacidad de absorber y retener AA, sino de su capacidad de proveer adecuada y cuidadosa liberación de ellos a todo el sistema.

La principal actividad sintética de la célula es la producción de proteína; la función no es la acumulación de nuevo tejido sino el reemplazo de tejido deteriorado (Maynard, 1984).

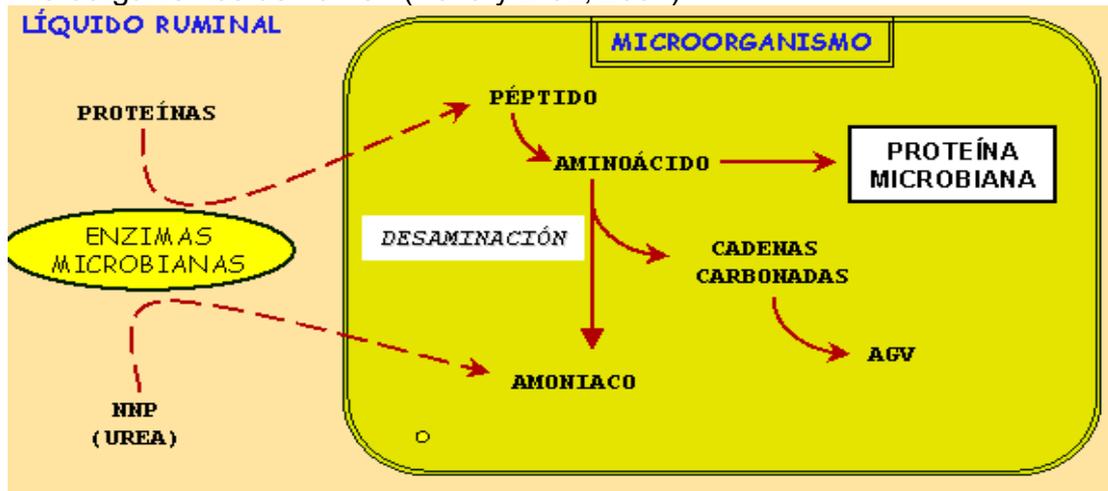
Figura N° 2: Esquema del uso de la proteína.



Fuente: Modificado de Godden (2001)

Las bacterias del rumen degradan la proteína dietaria a formas más simples de N tales como amonio, aminoácidos y péptidos para incorporarlos dentro de la proteína bacteriana (Figura 2). Un nivel óptimo de nitrógeno en el ambiente ruminal tiende a favorecer un buen crecimiento microbiano, particularmente de las bacterias celulolíticas, y mejora la degradación del componente fibroso del alimento (De León Godoy et al., 1991). Por otro lado, la fracción que escapa a la degradación microbiana en el rumen debe tener una alta digestibilidad a nivel del intestino delgado para su aprovechamiento por el animal (Figura 3).

Figura N° 3: Utilización de las diferentes fuentes de nitrógeno por los microorganismos del rumen (Nava y Díaz, 2001)



Fuente: Nava y Díaz (2001)

La relación que existe entre la disponibilidad de carbohidratos fermentecibles y las fuentes de proteínas (o nitrógeno), ejerce un fuerte impacto sobre la producción de células microbianas, y finalmente sobre la nutrición del huésped. De acuerdo con Owens y Bergen (1983), lo anterior se explica porque la mayoría de los microorganismos ruminales sintetizan proteína a partir del amoniaco proveniente de fuentes no proteicas (NNP) de origen alimenticio y de origen endógeno a través del reciclaje de urea vía la saliva o a través del epitelio del rumen en forma de amonio y mucoproteínas salivales y de la acción de bacterias proteolíticas presentes en el rumen.

Es importante señalar que el uso de este NNP por los microorganismos se hace posible siempre que exista el suministro de carbohidratos fácilmente disponibles y en conjunción con el aporte de cierto N en forma de aminoácidos y péptidos. La suplementación nitrogenada adecuada (en calidad y cantidad) genera un aumento o mantenimiento del consumo de la ración basal, lo cual produce un aumento en el consumo total de la ración, lo que se traduce en una mejor respuesta animal (Satter y Roffler 1981, Parra 1984).

La proteína que se fermenta en el rumen se desperdicia en gran parte, ya que sólo de 30 a 60 g de proteína microbiana se vuelve disponible al animal por cada kg de proteína alimenticia que entra en el rumen (Preston et al., 1989).

Cuando la proteína de origen bacteriano es insuficiente para cubrir los requerimientos de los tejidos en algunas etapas fisiológicas como el crecimiento y la lactancia y se presentan desbalances de los aminoácidos en el intestino, es necesario cubrir las deficiencias con proteína sobrepasante, con el fin de mejorar la calidad de los nutrientes absorbidos, favoreciendo así su utilización en la ganancia de peso (Orskov 1976, ARC 1984, Combellas, 1992).

La suplementación con proteínas verdaderas (harinas de soya, harinas de pescado, harinas de semilla de algodón, harina de semilla de ajonjolí, etc.), generalmente ocasiona efectos favorables en el rendimiento animal, por su valor biológico, debido a que el nitrógeno se encuentra formando parte de los aminoácidos, conteniendo además sustratos de alto aporte energético (Oldham et al. 1977, Tamminga 1979, Maynard et al. 1981).

2.3.4.1. Síntesis de proteína microbiana

La cantidad de proteína microbiana que se puede sintetizar depende de:

- La cantidad de energía disponible para los microbios.
- Eficiencia de los microorganismos.

NH3	CHO	ATP	Gas, AGV	CEL MICROBIANA
Esqueletos		AA, SULFUROS		
Carbonados.		PEPTIDOS		

Calidad nutricional de la proteína microbiana

La proteína (cantidad y calidad) que llega al intestino depende de la combinación de dos factores: degradación y síntesis en el rumen.

Los rumiantes pueden sobrevivir sin AA esenciales provenientes de la dieta, pues los microorganismos del rumen son capaces de producir todos los AA esenciales; lo que pasa que estos AA sintetizados en el rumen no son suficientes como para cubrir los altos requerimientos de animales en alta producción.

La performance animal puede aumentar cuando se adicionan AA esenciales en la dieta en forma post-ruminal. Muchas de las bacterias de rumen utilizan NH3 como fuente de N. Mediciones indicaron que menos del 40% de la proteína bacteriana pasan por el pool amoniacal; esto sugiere que dietas que contienen proteína, mucho del N que usan las bacterias ruminales son derivados de AA, péptidos y no de amoníaco.

El amoníaco es derivado de la:

- degradación de la dieta proteica y NNP.
- hidrólisis de la urea.
- degradación de PCM.

y desaparece del rumen:

- atrapado por microorganismos.
- absorbido por pared del rumen.
- expulsado por el omaso.

Dietas con urea el pico máximo de concentración de amoníaco se da a la 1 – 2 horas.

Dietas con altos niveles de proteína: el pico se da a la 3 – 5 horas.

Estudios registraron toxicidad cuando se excedió de 100 mg/dl; esto se puede dar con consumos altos de urea en la dieta, lo cual provoca rápida producción de amonio.

La cantidad de digestión y consumo voluntario es reducido a bajas concentraciones de amoníaco en el rumen (Owens y Zinn, 1988).

2.3.4.2. Proteína degradada en el rumen

La proteína que llega al intestino delgado tiene dos orígenes diferentes:

- PCM;
- PC del alimento que escapa a la digestión ruminal.

Estudios realizados indican que un aumento del consumo del 10% produce un aumento de proteína sobrepasante 6,5%; este aumento se debe a:

- disminución de la cantidad de tiempo que la proteína queda en el rumen.
- cambios en las condiciones ruminales (pH, proporción de mo).

Además el tipo de dieta influye sobre la cantidad de proteína sobrepasante (Owens y Zinn, 1988).

Calidad de la proteína

Asumiendo que la absorción y la utilización metabólica es igual para los aminoácidos esenciales, los requerimientos de estos en el duodeno pueden ser modelados por el producto. Es de esta manera que la composición de aminoácidos esenciales de la leche y los tejidos es tan similar a la composición de los microorganismos, con excepción de leusina y la arginina que son bajas y altas respectivamente en los tejidos y en la leche que en los microorganismos, como se ve en la siguiente tabla.

Cuadro N° 1: Composición aminoacídica de la leche, tejidos y los microorganismos ruminales.

Productos	g/ 100g de AA									
	Arg	His	Ile	Leu	Lis	Met	Phe	Thr	Try	Val
Leche	3.70	2.70	6.00	10.0	8.30	2.70	5.30	4.60	1.40	6.70
Tejidos	6.80	3.00	5.50	7.20	8.20	2.70	4.60	4.60	1.20	5.20
Microorg.	5.10	2.00	5.70	8.10	8.10	2.60	5.10	5.80	4.20	6.20
H de soja	6.90	2.20	5.10	6.90	5.90	1.30	4.50	3.50	1.40	4.90
H de sangre	4.80	6.20	0.90	13.40	9.10	0.90	6.70	3.50	1.10	7.90

Fuente: adaptado de Polan (1992)

Para el autor el mejor recurso de aminoácidos específicos comparándolos con el perfil de aminoácidos de la leche es en primer lugar la proteína cruda microbiana y luego la soja, exceptuando los productos derivados de la leche como la caseína protegida. Para el caso de la Lisina el autor cita como mejor fuente la harina de sangre y en segundo lugar a los microorganismos ruminales. Por lo tanto aumentando la actividad ruminal se podría lograr un buen balance de aminoácidos para la producción de leche.

2.3.4.3. Síntesis de proteínas a partir de la urea

Cuando el rumiante consume urea, ésta es primeramente hidrolizada a amoníaco y anhídrido carbónico en el rumen mediante la enzima ureasa que es producida por ciertas bacterias. Por otra parte, los carbohidratos son degradados por otros microorganismos para producir ácidos grasos volátiles y cetoácidos. El amoníaco liberado en el rumen se combina con los cetoácidos para formar aminoácidos, que a su vez se incorporan en la proteína microbiana. Estos microbios son degradados en el último estómago (abomaso) e intestino delgado, siendo digeridos a tal extremo que la proteína microbiana es degradada a aminoácidos libres, para luego ser absorbidos por el animal.

Debemos recordar que el amoníaco prácticamente no posee ningún valor nutritivo, pues si éste no es transformado en proteína microbiana, será absorbido por el rumen y eliminado a través del hígado, riñones y finalmente en la orina bajo la forma de urea. Por otro lado, existe una porción de urea que regresa al rumen a través de la saliva o su difusión de la sangre al rumen.

Para que exista la síntesis de la proteína microbiana en el rumen, es necesaria una relación propicia entre la cantidad de N-amoniaco y los compuestos energéticos que se encuentran en la dieta (cereales, melaza, almidón) como fuente energética para los microorganismos del rumen y así poder utilizar eficientemente el amoníaco en la síntesis de aminoácidos.

Cuándo la producción de amoníaco sobrepasa la capacidad de las bacterias para convertir amoníaco en proteína microbiana hay que tener en cuenta que este no contribuirá a la nutrición aminoacídica del hospedero; solo una pequeña porción de este puede ser reciclado vía salival desde el hígado (Satter y Roffler, 1975).

Mediante experimentos invitro, Satter y Roffler (1975) determinaron que con una concentración de N amoniacal por encima de 5 mg/100 ml no tuvo efecto la adición de NNP al fermentador. Bajo condiciones in vitro y con las dietas de estos experimentos, el amoníaco comenzó a acumularse cuándo se sobrepasó el 12,15% de proteína bruta (en base a MS). También establecieron una ecuación para predecir la concentración de amoníaco en el rumen para distintas concentraciones de nutrientes digeribles totales y diferentes contenidos de proteína bruta de la dieta.

Satter y Roffler (1975) demostraron que por encima de 5 mg/% de N – NH₃ (11 a 12 % de PB) la eficiencia de captación de este por las bacterias es cero; por encima de este nivel la única manera eficiente de aumentar la cantidad de proteína que llega al intestino es utilizando suplementos proteicos de baja degradabilidad.

Stobbs et al. (1977), Flores et al. (1979), Rogers et al. (1980), obtuvieron aumentos en producción al suplementar un forraje base de alta calidad con concentrados de baja degradabilidad.

En nuestros sistemas de producción un efecto similar sería alternar pastoreos de especies con diferente grado de degradabilidad.

Conocer la degradabilidad de los distintos alimentos utilizados nos permite:

1. proveer al rumen de suficiente N – NH₃ para el máximo crecimiento bacteriano.
2. establecer en el rumen las condiciones de máxima eficiencia de utilización de N y energía disponible.
3. proveer de proteína no degradable para maximizar el rendimiento en animales de alta producción.
4. proveer al animal de una dieta que garantice buena producción al mínimo costo.

Métodos para mejorar la utilización de la urea

La utilización de ciertas fuentes NNP en el rumen, como es el caso de la urea, pueden verse limitada en sus efectos por deficiencias de estas fuentes

durante ciertos períodos del día, especialmente debido a la alta tasa fermentativa de este producto. Esta tasa, por lo general, alcanza su pico máximo a las dos horas después del consumo (Orskov, 1982).

Los principales problemas que presenta la utilización de la urea son: su sabor, su toxicidad, y la utilización eficiente del N ureico en el rumen. La utilización de la urea se encuentra muy afectada por la cantidad y tipo de energía disponible en la dieta.

Algunos investigadores (NRC, 1976) han observado que al aumentar la frecuencia de la alimentación mejora la utilización de la urea. Una mezcla inadecuada puede aumentar la incidencia de toxicidad por amoníaco al permitir el sobreconsumo de urea.

Si el amoníaco es liberado con demasiada rapidez, puede absorberse en gran cantidad a través de la pared ruminal y constituir, así, una pérdida para el animal. Por lo tanto, se han realizado numerosos intentos para reducir la velocidad con la que el amoníaco es liberado en el rumen. Cuando un compuesto o producto conteniendo NNP libera amoníaco lentamente en el rumen se supone que es un buen suplemento. Sin embargo, este supuesto no es necesariamente verdad. Saber la concentración de amoníaco en el rumen es de poco valor a menos que se demuestre que también se sintetiza más proteína microbiana cuando el amoníaco se libera lentamente en el rumen. Los intentos de disminuir la velocidad con que el amoníaco es producido en el rumen mediante la protección de los compuestos de NNP no han dado lugar a resultados enteramente satisfactorios debido, posiblemente, a que en cierta medida se ha evitado la conversión de NNP en amoníaco. Parece que un abundante aporte de amoníaco es necesario para lograr una máxima síntesis microbiana.

El amoníaco producido a partir de NNP no puede ser convertido en proteína microbiana a menos que disponga, simultáneamente, de cadenas carbonadas y una fuente de energía. Los carbohidratos de la ración cumplen esta función. Sin embargo, la forma en que lo hacen los diferentes carbohidratos varía ampliamente. La celulosa es el peor carbohidrato para este propósito y el almidón parece ser el más idóneo. Anderson (1976) comparó la síntesis de proteína microbiana con substratos conteniendo urea y melazas de caña, extracto de hemicelulosa o Starea. El producto que contenía almidón precocido (Starea) dio lugar a más proteína microbiana que las melazas o el extracto de hemicelulosa.

Parece que un factor crucial es la velocidad con que los carbohidratos liberan energía. Si esta es demasiado lenta, como ocurre con la celulosa, o

demasiado rápida, como en el caso de la glucosa, el amoníaco es entonces ineficientemente convertido en proteína microbiana.

Por lo tanto, parece que la conversión de NNP a proteína sería máxima en el caso de un compuesto que se convirtiese a amoníaco a un ritmo similar al que se metaboliza la fuente de carbohidratos (CHO) utilizada.

2.3.4.4. ¿Qué ocurre con el excedente de amonio?

En primer lugar el amonio es absorbido a través de la pared ruminal y en el tracto intestinal, y luego pasa a la sangre. Posteriormente es llevado vía sanguínea al hígado donde se convierte rápidamente en urea para evitar daños en los tejidos. Finalmente en su mayor parte es excretado en la orina, aunque una fracción vuelve al rumen.

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

2.3.5. Digestión y absorción de los compuestos nitrogenados

La clave del metabolismo del N en los rumiantes es la capacidad de la población microbiana para utilizar el amonio y en presencia de cantidades adecuadas de energía sintetizar los AA apropiados que se requieren para cubrir sus propios requerimientos de proteína (Maynard, 1984).

Se ha demostrado que 80% de las especies de bacterias existentes en el rumen pueden utilizar el amonio como la única forma de N para el crecimiento mientras que el 26% lo requiere en forma absoluta y el 55% puede usar amonio o AA (Maynard, 1984).

El ciego y el intestino grueso reciben todo lo que no fue digerido en el intestino delgado además de urea de la sangre y como resultado de la acción microbiana mantiene una activa fermentación; esencialmente no hay absorción de AA pero hay una fermentación sustancial de CHO que produce cierta absorción de energía en forma de ácidos grasos volátiles (AGV).

Las heces contienen el alimento no digerido y el N metabólico.

El flujo de amoníaco y urea es único; si se produce más amoníaco que la que los microorganismos son capaces de utilizar, este puede ser absorbido hacia la circulación portal transportado hacia el hígado y transformado en urea.

La urea puede:

- a) ser excretada por el riñón.
- b) Reciclada al rumen por la saliva.
- c) Conservarlo cuando el exceso es transitorio.

Desde el punto de vista nutricional el animal depende de la cantidad y tipo de AA absorbido en el intestino delgado (Owens y Zinn, 1988).

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE

2.4.1. Composición de la leche

La leche es un producto nutritivo, complejo que posee más de 100 sustancias, que se encuentran en solución, suspensión o emulsión en agua (Wattiaux, 1996).

Los componentes principales de la leche son agua, grasas y sólidos no grasa (SNG). Estos últimos incluyen a las proteínas, lactosa, vitaminas, minerales y varios tipos de células (Bath et al., 1982), la concentración de los nutrientes principales se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 2: Composición media más probable de la leche de vaca

Nutriente	Concentración
Agua (%)	88
Grasa (%)	3.4 – 3.7
SNG (%)	8.5
Proteína (%)	3.1 – 3.2
Lactosa (%)	4.6 – 4.7
Minerales (%)	0.72
Energía (Mcal/Kg)	0.61

Fuente: Wattiaux (1996), Bath et al. (1982)

La ubre utiliza de la sangre el 80% de la glucosa total disponible, el acetato y los aminoácidos para producir leche (Bath et al., 1982). Esto indica que la cantidad de leche sintetizada en la glándula mamaria dependerá del flujo sanguíneo, de la concentración de precursores de la leche en el plasma y de

que tan eficientemente sean captados dichos precursores por la glándula mamaria (Rearte, 1992).

Minerales y lactosa son los componentes más estables y sus concentraciones solo se modifican en casos de subnutrición aguda a muy bajos niveles de glucosa en sangre (inferiores a 40 mg/100ml). El componente que más varía es la grasa, seguido luego por las proteínas. Las modificaciones que la dieta puede ocasionar en estas dos fracciones, no solo se limitan a la cantidad sintetizada sino también a su composición específica. Datos logrados y que se ajustan en gran medida a los obtenidos en los relevamientos realizados por empresas lácteas de sistemas básicamente pastoriles, se detallan en el cuadro a continuación (Rearte, 1992).

Cuadro N° 3: Composición de la leche.

Componente	Porcentaje
Minerales	0.7
Lactosa	4.6
Proteína	2.9
Grasa	3.2 - 3.3

Fuente: Rearte (1992)

La proteína de la leche del ganado Holando está constituida en más de un 80% por caseínas; pero en los sistemas pastoriles esta fracción de la proteína de la leche está en el orden del 70- 75%, lo cual es de suma importancia para la industria quesera, pues las albúminas y globulinas junto con el nitrógeno no proteico (NNP) se descartan con el suero.

En lo que concierne a la grasa butirosa (GB) producida también en los sistemas pastoriles, se da una diferencia en la composición de ácidos grasos (AG), siendo en mayor proporción los AG de cadena larga no saturados en detrimento de los de cadena corta preferentemente saturados (Rearte, 1992).

La lactosa y los minerales son los constituyentes osmóticamente más activos, por lo que determinan el volumen de leche producido y por eso su concentración en la leche es relativamente constante (Oldham y Sutton, 1983). Desde el punto de vista nutritivo la concentración de lactosa solo puede ser modificada por consumos extremadamente bajos que afectan la concentración de glucosa en sangre y especialmente efectos pronunciados en etapas tardías de la lactancia (Sutton, 1989).

Los principales minerales encontrados en la leche son: Ca, P, K, Na, Mg y S. Estos derivan del torrente sanguíneo a través de mecanismos de transporte activos y pasivos (Bath et al. 1982, Rearte 1992, Wattiaux 1996).

El Na, K y Cl, junto con la lactosa, tienden a mantener el equilibrio osmótico de la leche (Bath et al. 1982, Rearte 1992). Existe una relación inversa entre el contenido de lactosa y la concentración de Na, K y Cl en la leche (Bath et al., 1982).

Los efectos de la suplementación con concentrados sobre la composición de la leche, dependerán de la cantidad suplementada, del tipo de concentrado utilizado, de la forma de suministro y de las características de la dieta a suplementar (Rearte, 1992).

La suplementación con granos afectará la composición de la leche, principalmente su tenor graso, cuando se suministre a niveles superiores a 40% de la dieta total.

A medida que aumentan los niveles de concentrados en la dieta, baja la relación forraje/concentrado, afectándose la fermentación ruminal. Los efectos son principalmente, una disminución del pH en el líquido ruminal y un cambio en el tipo de fermentación, favoreciéndose la producción de ácido propiónico en detrimento de los ácidos acético y butírico dado que estos son precursores de la grasa butirosa, lo cual explica la disminución del tenor graso de la leche cuando se suplementa con alta cantidad de concentrado.

Todas estas alteraciones en el ambiente ruminal son de importancia en la vaca lechera, ya que una baja relación Ac/Pr puede afectar en gran medida la síntesis de GB. El ambiente ruminal en sistemas pastoriles, el cual podríamos definir como pseudo-acidosis, explicaría en parte el bajo contenido de GB en la leche en estos sistemas.

La contribución del forraje al mantenimiento del porcentaje de grasa butirosa de la leche; reside en su contenido de fibra. El efecto mejorador de la fibra sobre la síntesis de grasa butirosa se debe a su composición química, una mezcla de hemicelulosa y celulosa como principal sustrato fermentecible y su estructura física. Cuanto más larga sea la fibra, mayor será la rumia del animal, aumentando la cantidad de saliva que llega al rumen y con esta la cantidad de bicarbonato de sodio que actuará como buffer, impidiendo de esta manera los descensos de pH provocados por el alto suministro de grano.

Un factor importante de la suplementación, que afectará la composición de la leche es el tipo de carbohidrato contenido en el grano. Cuando se suministren

carbohidratos fácilmente fermentecibles en rumen, se obtendrá una mayor producción de leche con una depresión en la síntesis de grasa, como es el caso del grano de trigo o cebada; contrariamente, cuando se suplementen granos menos fermentables como maíz o sorgo se obtendrán menores producciones de leche con mayores contenidos de grasa.

La inclusión de una fuente de energía de alta degradabilidad y bajo contenido de fibra incrementa los riesgos de deprimir la digestibilidad de la fibra al disminuir el pH del líquido ruminal, producto de la concentración de AGV y disminución de la producción de saliva. Una menor tasa de digestión de la fibra puede derivar en reducciones en el consumo de MS y/o en el tenor graso de la leche. Entonces, la caída de la grasa de la leche estaría asociada al incremento de precursores glucogénicos en la forma de ácido propiónico en rumen (caso de la cebada) o de almidón en duodeno (caso del maíz) y un descenso en los precursores lipogénicos, entendiéndose ácido butírico y acético en el rumen. (Rearte, 1992).

La suplementación con fibra de alta digestibilidad previene depresiones en el contenido graso de la leche tal como ha sido observado en la suplementación en base a almidón (Valk et al. 1990, Mattiauda 1997).

Una alta producción de propionato favorecería la producción de glucosa en hígado a partir de dicho metabolito, disminuyendo la glucogénesis a partir de aminoácidos, quedando estos disponibles en mayor cantidad para ser utilizados en la glándula mamaria en la síntesis de proteína de la leche. El aumento en la síntesis de glucosa y la disponibilidad de aminoácidos favorecen también la síntesis de lactosa con el consiguiente aumento en la producción de leche (Annison, 1983).

En lo referente al contenido proteico de la leche, es también menor comparado con los sistemas estabulados. La proteína de la leche es sintetizada en la glándula mamaria, y dependerá para ello de la energía disponible y de los aminoácidos absorbidos en el intestino delgado. La proteína que llega al intestino delgado es de un 40 a un 60% de origen bacteriano, siendo el resto proteína no degradable en el rumen.

Las pasturas templadas de alta calidad utilizadas en la alimentación del rodeo lechero, tiene un alto contenido proteico, pero de alta degradabilidad ruminal. Dietas proteicas altamente degradable más un ambiente ruminal subóptimo para el crecimiento bacteriano, podría generar insuficientes niveles de proteína metabolizable disponible para el animal, lo que limitaría la síntesis de proteína de la leche en la glándula mamaria. El NH₃ producido en la hidrólisis de la proteína podrá ser utilizado por las bacterias del rumen para

sintetizar su propia proteína, siempre y cuando tenga suficiente energía. Pero cuando en fermentación ruminal se producen picos excesivos de NH₃, este no es aprovechado por la microflora ruminal, y los excesos son excretados a través de la orina y heces con gastos de energía por parte del animal, además de aumentar el contenido de NNP en la leche llegando a niveles superiores a lo normal.

En lo que hace al tenor proteico de la leche se han obtenido respuestas importantes con el suministro de grandes cantidades de concentrado cuando la base de esto lo constituye el maíz (Yousef et al., 1970).

La respuesta a la suplementación proteica en los sistemas pastoriles dependerá del contenido y digestibilidad de la proteína de las pasturas, de la cantidad de concentrado suplementados y el porcentaje y degradabilidad de la proteína contenida en el concentrado.

La suplementación proteica no tiene efectos definidos en la concentración de proteína de la leche. Se ha visto que déficit severos en el consumo de proteínas provocan una reducción en la producción de este componente en la leche, pero aumentar sus niveles por encima de los recomendados tiene poco o ningún efecto en su concentración (Bath et al. 1982, Sutton 1989, Rearte 1992).

En trabajos donde se comparó la suplementación con ensilaje de maíz con la de ensilaje de pastura, se observó que el primero incluido como un 25% de la dieta, permitía mayores producciones de leche, grasa, proteína y lactosa que los ensilajes de pastura, aun cuando ambos suplementos tuvieran similar digestibilidad de MS y se logaran iguales consumos de ED (Brayant y Donnelly, 1974).

La mayor degradabilidad de las pasturas genera excesos de nitrógeno no aprovechados por el animal y la adición de un suplemento como el ensilaje de maíz de bajo contenido proteico pero rico en energía, contribuirá a atenuar el desbalance de Nitrógeno/energía. El efecto balanceador del ensilaje de maíz sobre la pastura consumida se traduce principalmente en aumentos en el contenido graso (Rearte et al., 1990).

2.4.2. Características de la dieta que afectan la producción de leche

2.4.2.1. Introducción

No necesariamente todos los alimentos agregados a la dieta base actúan como verdaderos suplementos ya que frecuentemente estos actúan provocando la sustitución de la dieta base.

La característica primaria de los forrajes de mala calidad nutricional es la que presenta una marcada deficiencia en el contenido de N lo que generalmente provoca un bajo consumo y en muchas situaciones pérdida de peso; estos alimentos provocan en el rumen un ambiente que no es el adecuado para el desarrollo bacteriano disminuyendo la fermentación ruminal.

La concentración de N – NH₃ afecta la tasa y el grado de digestión de los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa) pero no la de los CHO más solubles; esto aumentaría el tiempo de retención de estos tipos de alimentos en el rumen consecuencia de una menor tasa de pasaje afectando directamente el consumo.

Los requerimientos de N – NH₃ para la actividad microbiana pueden ser cubiertos con el agregado de urea siempre y cuando esta sea consumida frecuentemente en el tiempo; esto no es así en condiciones de pastoreo. Por esta razón en pasturas de baja calidad los suplementos proteicos de lenta degradabilidad en el rumen son los aconsejables.

La eficiencia de la síntesis bacteriana sufre considerables variaciones dependiendo de la disponibilidad de energía y mayor consumo.

Suplementando con NNP una dieta base deficiente se observa un aumento de producción debido principalmente a un aumento en el consumo, lo cual permitió mayor disponibilidad de proteína a nivel intestinal y a un aumento en el nivel energético en el sistema ruminal y celular.

La utilización de NNP presenta varios problemas:

1. toxicidad del suplemento.
2. frecuencia de suministro.
3. utilización de vehículo.

Lo más recomendable es suplementar a los animales con heno de buena calidad (1 – 2 Kg/animal/día para vacunos); con estos se trataría de cubrir los

requerimientos de N – NH₃ del rumen traduciéndose en un mayor aporte extra como proteína no degradable de la dieta.

Ha sido demostrado que con infusiones de proteína en el duodeno se produce lo mismo que con proteína de baja degradabilidad, un aumento de la dieta de bajo contenido proteico; este efecto se ha observado con forraje de baja digestibilidad; ensilajes y con dietas a base de caña de azúcar.

Como consecuencia puede decirse en términos de producción que los efectos de la suplementación nitrogenada sobre alimentos de baja calidad pueden atribuirse a:

1. alta concentración de N – NH₃ en el rumen.
2. mayor cantidad de AA especialmente esenciales que llegan y son absorbidos a nivel intestinal.
3. aumento en el consumo de energía.
4. estímulo indirecto al consumo por la proteína que pasa inalterada por el rumen.

2.4.2.2. Utilización de alimentos de alta calidad

Con animales consumiendo forrajes de alta calidad la producción fue menor a la esperada; esta menor producción ha sido atribuida al ineficiente uso de N debido a la alta degradabilidad de la proteína en el rumen o a la baja eficiencia de síntesis proteica bacteriana.

Como se menciona anteriormente, según Satter y Roffler (1975) por encima de 5 mg/% de N – NH₃ (11 a 12 % de PB) la eficiencia de captación de este por las bacterias es cero; por encima de este nivel la única manera eficiente de aumentar la cantidad de proteína que llega al intestino es utilizando suplementos proteicos de baja degradabilidad.

Santos et al. (1981) con cantidades crecientes de gluten de maíz (proteína de baja degradabilidad) lograron incrementar el aporte de proteína de la dieta al duodeno manteniendo la proteína bacteriana constante.

Los incrementos en cantidad de proteína de la dieta que llegan al duodeno como consecuencia de su baja degradabilidad tienen efectos positivos sobre la producción si:

- los requerimientos son altos,
- la proteína de la dieta base es altamente degradable,
- el consumo de energía es el adecuado,

- los AA absorbidos son aquellos esperados para la producción. específica.

2.4.2.3. Exceso de amonio ruminal

El aumento de la concentración de $N-NH_3$ en el rumen produce un incremento del gasto de energía del animal, debido a que el hígado tiene que producir una mayor cantidad de urea para detoxificar el excedente de amonio que se absorbe en el rumen y en el resto del tracto gastro intestinal. Basado en ello se asume que las producciones subóptimas que se registran en animales consumiendo pasturas con alto contenido de nitrógeno, son ocasionadas por un aumento en el gasto energético del animal asociado a la detoxificación del excedente de amonio que dichas pasturas ocasionan en el rumen.

Es un hecho bien conocido que el "problema del otoño" afecta en gran medida la producción. Lo que no está claro es si la detoxificación del exceso de amonio aumenta el gasto de energía. A su vez, suponiendo que en efecto haya un gasto extra de energía, tampoco se conoce si el mismo se debe a la producción de urea per se o a otros procesos asociados a la detoxificación del amonio.

La captación del amonio por parte de las bacterias ruminales depende, entre otros, de la sincronización entre la degradación de los hidratos de carbono solubles, y la degradación de la proteína. Cuando faltan hidratos de carbono solubles (azúcares) para el crecimiento microbiano, como ocurre con las pasturas de otoño, se produce una asincronía entre la disponibilidad de energía y de amonio. Esto hace que la captación del nitrógeno por parte de los microorganismos sea menor que el amonio liberado, por lo cual la concentración de amonio aumenta en el licor ruminal. Ello no quiere decir que en el rumen esté faltando energía, ya que la misma depende de la digestibilidad del forraje, que en estos casos es alta.

Sin embargo, falta energía rápidamente disponible para que los microbios crezcan y capten la explosiva liberación del amonio, proveniente de la alta y rápida degradación de la proteína del forraje. La concentración de amonio en vacunos aumenta en animales consumiendo forrajes otoñales, silajes de pasturas, pasturas de alfalfa, forrajes en rebrote temprano y forrajes tiernos fertilizados con altas dosis de nitrógeno. En estos casos la concentración de amonio puede llegar a 40 a 80 mg/dl, cuando en condiciones normales varía entre 5 a 15 mg/dl (Di Marco y Aello, 2002).

2.4.3. Características de la dieta que afectan la composición de la leche

2.4.3.1. Especies forrajera

Cuando se compararon distintas especies se observó que algunas leguminosas como por ejemplo el trébol blanco superaban a las gramíneas en términos de producción de leche, aún cuando los forrajes fuesen de similar digestibilidad. Thomson et al. (1985) muestran que el aumento en producción de leche trajo aparejado aumentos significativos de proteína. Por otro lado las vacas pastoreando T. blanco produjeron leche con menor porcentaje de GB, pero no suficiente como para afectar la producción de GB diaria. Esto hace que la mejora en producción sea consecuencia de mayor producción de proteína, lactosa y agua. El mayor potencial de producción de la leguminosas se debe principalmente a mayor consumo logrado con estas especies, y no a la producción de AGV en el rumen y su relación (Losada, 1983). Pero se debe tener en cuenta otros factores del forraje como por ej. la mayor cantidad de NNP, lo que favorece la cantidad de nitrógeno no amoniacal llegando al duodeno cuando las vacas pastorean tréboles en lugar de gramíneas.

2.4.3.2. Calidad y digestibilidad de pastura

La calidad de la pastura afectará la composición de la leche en la medida que se altere el plano nutricional de las vacas. Esto se confirma al analizar la composición de la leche a través de los distintos meses del año. El contenido de GB de la leche es bajo en primavera, donde se produce el pico máximo de producción, y la leche producida alcanza su máximo contenido proteico (Wait et al. 1956, Word et al. 1976).

Baja la proteína de la leche cuando se suministran pasturas maduras, aumenta el porcentaje de GB, pero debido a una menor producción de leche, la producción total de GB no se vio aumentada (Rearte et al., 1986). El mayor contenido de fibra de las pasturas hace que baje su calidad (menor digestibilidad), se afecta en consecuencia el consumo de MS, y por lo tanto baja la producción de leche diaria. El menor consumo de energía de las vacas sobre pasturas maduras se refleja también en menor porcentaje de proteína en la leche, unido a la menor producción, esto provoca una disminución importante de la producción de proteína diaria.

La mayor calidad de las pasturas en primavera, que causa un mayor porcentaje de proteína en la leche, no se debe al menor contenido de fibra (lo que aumenta el consumo), sino que además es el momento del año en que esta mejor balanceada en términos de proteína y energía (Rook et al., 1960), por mayor contenido de CHO solubles que en otros meses del año. Este mayor

contenido de energía de las pasturas aumenta la eficiencia de utilización por parte de las bacterias de las altas concentraciones de NH₃ generadas en la fermentación de la proteína de los pastos (Beever et al., 1978).

El mayor valor nutritivo de las pasturas en esta época del año se debe también a una mayor proporción de proteína de las pasturas que está como proteína verdadera, mientras que en otoño por ejemplo parte de dicha proteína esta como NNP, y también contiene menores concentraciones de CHO solubles.

Por otra parte, dietas con contenidos altos en fibra suelen ser muy bajas en energía, limitando así la producción de leche. Con forrajes bastos y de calidad pobre es muy posible que para satisfacer las necesidades de energía de una vaca de alta producción no se pueda utilizar más que un 50% de forraje en la dieta, o puesto de otra forma, cuando el forraje es aproximadamente el 65% de la dieta de una vaca de alta producción solo con forraje de muy alta calidad se podrá tener un tenor normal de proteína en la leche (Acosta, 2002).

Le Du y Col (1979) observaron que el incremento de consumo logrado con el aumento de disponibilidad del forraje causaba mayor producción de leche, pero de un menor tenor graso. Una mayor disponibilidad de forraje posibilita un aumento en el consumo de energía por parte de animal, lo que provoca un aumento en la producción de leche y proteína, y bajos porcentajes de GB por un efecto dilución, pero la síntesis de GB total no se ve afectada.

2.4.3.3. Suplementación con concentrados energéticos

Los efectos de la suplementación con concentrados sobre la composición de la leche, dependerán de la cantidad suplementada, del tipo de concentrado utilizado, de la forma de suministro y de las características de la dieta a suplementar.

El uso de concentrados tiene por propósito central, aumentar la densidad nutricional de la dieta. Generalmente el macro nutriente más limitante y por lo tanto más suministrado por la vía del uso de concentrados es la energía.

Aumentar la densidad energética de una dieta es en términos simples aumentar la concentración de Carbohidratos No Estructurales (CNE) de una dieta dada, es decir aumentar la participación de almidones, azúcares simples y pectina en la dieta.

Desde el punto de vista de la composición de la leche, un adecuado balance de CNE en dieta suele resultar en un incremento de los tenores de

proteínas y de grasa en la leche, en tanto que la utilización excesiva de fuentes de CNE (altos niveles de suplementación con ensilajes de grano húmedo, altos niveles de granos de endosperma muy harinoso, etc.) suele provocar caídas de 0,1 o 0,2% en el contenido de grasa, y aumentos de 0,2 a 0,3 unidades en el contenido de proteínas lácteas (Acosta, 2002).

A medida que aumentan los niveles de concentrado en la dieta, obviamente baja la relación forraje/concentrado, afectándose la fermentación ruminal. Los efectos son principalmente una disminución del pH en líquido ruminal y un cambio en el tipo de fermentación, favoreciéndose la producción de ác. propiónico en detrimento de los ác. acético y butírico.

Un factor importante de la suplementación que afectará la composición de la leche, es el tipo de CHO contenido en el grano. La depresión en la síntesis de grasa es menor cuando se suministren CHO fácilmente fermentecibles en el rumen como el caso de grano de trigo o de cebada, que cuando se suplemente con granos menos fermentecibles como maíz y sorgo.

La caída de grasa en la leche estaría asociada al incremento de precursores glucogénicos en forma de ac. propiónico en rumen (caso de la cebada) o de almidón en el duodeno (caso del maíz) y un descenso en los precursores lipogénicos, entendiéndose ác. butírico y acético en el rumen.

Los cambios asignados con alto consumo de grano (aumento de propiónico en el rumen o de almidón en duodeno) originan un aumento de insulina en el plasma. El incremento de esta hormona reducirá la lipólisis y aumentará la lipogénesis en el tejido adiposo con la consecuente caída en la síntesis de GB, debida a una reducción en la disponibilidad de los precursores de GB como son el acetato y el beta-hidroxibutirato endógeno y los ác. grasos circulantes en el plasma.

La disminución de acetato y butirato en el plasma y rumen afectará también la síntesis de GB ya que ambos constituyen los principales precursores de la síntesis "de novo" de los ác. grasos de cadena corta y media que tienen lugar en la glándula mamaria (Davis y Brown, 1970).

A lo que hace a la síntesis de proteína de la leche, los trabajos de Sutton et al. (1980), confirman la hipótesis de que altas concentraciones de propiónico en el rumen favorecen la síntesis de proteína en la leche (Rook 1976, Thomas 1983).

Una alta producción de propionato favorecería la producción de glucosa en hígado a partir de dicho metabolito, disminuyendo la glucogénesis a partir de

aminoácidos, quedando estos disponibles en mayor cantidad para ser utilizados en la glándula mamaria en la síntesis de proteína en leche. El aumento en la síntesis de glucosa y la disponibilidad de aminoácidos favorecen también la síntesis de lactosa, con el consiguiente aumento en la producción de leche (Annison, 1983).

La suplementación de concentrados con almidón rápidamente fermentecibles producen mayores niveles de leche de menor contenido graso, mientras que las otras dietas, es decir de un concentrado con almidón de menor degradabilidad como maíz o concentrados con mayor contenido de fibra menores producciones de leche pero con mayor contenido graso.

Los efectos de la suplementación con concentrados sobre la composición de leche tal cual ha sido presentado en el párrafo anterior, se ajustó aquellos sistemas de producción de leche intensivas con alimentos procesados (henos, silaje) como base forrajera de la dieta y con el suministro de concentrados en niveles superiores al 40% del total de la dieta.

Distinta es la situación en sistemas de producción básicamente pastoriles donde el concentrados suplementado no supera el 30% de la dieta.

En los trabajos realizados en sistemas pastoriles la suplementación con concentrados no afectó mayormente la concentración de grasa en leche. El efecto de la suplementación con concentrados sobre la composición de la leche se ha visto que está directamente relacionada a los efectos que el mismo tenga sobre la producción de leche y cada vez que esta se ve aumentada, existirá una tendencia a disminuir su porcentaje de GB aunque no necesariamente su producción neta en términos de gramos por día.

La concentración de grasa de la leche (3,2 – 3,3) no se vio significativamente disminuida cuando se suplementaron hasta 7 Kg de maíz molido diariamente en vacas en pasturas de raigrás y T. blanco (Gallardo, 1988). En este trabajo los 7 Kg de maíz molido suministrados no superaron el 30% de la dieta total consumida.

La suplementación con 7 Kg de maíz aumentó la producción de leche lo que hizo que la producción de grasa diaria se viese también aumentada. En lo que hace al tenor proteico de la leche, este no fue modificado al aumentar los niveles de maíz suministrado aunque la producción diaria de proteína, como ocurrió con la GB se vio aumentada debido a la mayor producción de leche.

La falta de efectos del concentrado sobre el pH y la concentración de AGV en el líquido ruminal de los animales en pastoreos, Van Vuuren (1986) lo

justifica con la sustitución que el grano provoca en el consumo de una pastura que contiene FDN de alta fermentabilidad ruminal.

El único cambio importante que se observa en el ambiente ruminal es la concentración de NH₃ ruminal debido quizás a un mejor aprovechamiento de este metabolito por parte de las bacterias del rumen pues cuentan con la energía que le suministra el concentrado.

Visser (1984) sugiere que solamente suplementaciones con concentrados que superan el 40% de la dieta afectarán la fermentación ruminal y por consiguiente la composición de la leche.

Estos trabajos sumados a los anteriores presentados de Sulton et al. (1980) sugieren una relación curvilínea entre la concentración de grasa y proteína de la leche y los niveles de concentrado suplementado.

Aumentos de concentrados en la dieta hasta un nivel de 40 – 50% tendrán pocos efectos sobre los contenidos grasos de la leche, pero superados estos niveles de suplementación se modificará el tipo de fermentación ruminal, disminuyendo la relación de ác. grasos lipogénicos con respecto a los glucogénicos en el rumen con la consiguiente caída en el contenido graso de la leche.

En lo que hace el tenor proteico de la leche, se han obtenido respuestas importantes con el suministro de grandes cantidades de concentrado cuando la base de estos lo constituye el maíz (Yousef et al., 1970). Con concentrados basados en granos fermentecibles en rumen como la cebada, o trigo, no habría aumentos en el porcentaje de proteína de la leche por el mayor consumo de concentrado una vez superado el 50 – 60% de concentrado en la dieta, pero si existiría una respuesta al incremento en el consumo de concentrado cuando se suplementa por debajo de dichos niveles.

La respuesta a la suplementación en nuestros sistemas pastoriles en términos de contenido proteico de la leche, dependerá de la cantidad y calidad de la pastura disponible para los animales. Cuando esta no es limitante, la suplementación con concentrados provocará altos niveles de sustitución sin que se mejore el plano nutricional de las vacas, no obteniéndose en consecuencia respuesta productiva.

En caso contrario, si la disponibilidad de pasturas es limitante o el forraje ofrecido no es de alta calidad, los animales estarán en un cuadro de subnutrición energética, lo que hará que el suministro de granos mejore no solo la producción de leche sino también su contenido proteico (Rook et al., 1960).

No hubo diferencias en la composición de la leche entre suplementar con concentrados almidonosos basados en maíz, tapiocas y melazas y concentrados fibrosos basados en pulpa de remolacha, expeller de palma y cáscara de soja.

El aumento en producción no sería provocado necesariamente por el tipo de concentrado suministrado, sino por el mayor consumo total de MS.

Si bien en el presente trabajo estas diferencias en el ambiente ruminal no se tradujeron en cambios significativos en la composición de la leche, distintos podrían ser los resultados de un mayor suministro de concentrado o aumentando la concentración de ingredientes almidonosos fácilmente fermentecibles.

2.4.3.4. Suplementación proteica

En general el nivel de proteína cruda de la dieta afecta más a la producción de leche (volumen) que al tenor proteico de la leche, excepto con niveles muy limitantes (bajos) de proteína en dieta que terminan deprimiendo el tenor proteico de la leche por reducción de la digestibilidad y del consumo total de alimentos por parte del animal (Acosta, 2002).

En el rumiante, por los procesos fermentativos, parte de los componentes nitrogenados están sujetos a una extensa degradación por acción de las enzimas de los microorganismos ruminales y sólo una parte de lo degradado es convertido en amoníaco y utilizado para la síntesis microbiana (Nolan y Leng 1972, Mazanov y Nolan 1976, Kennedy y Milligan 1978). La nutrición proteica de los rumiantes es, entonces, el resultado de un balance entre la degradación en el rumen de las distintas fuentes nitrogenadas, de la síntesis de la proteína microbiana y de aquellas fuentes no degradadas por los microorganismos ruminales. De ese balance van a depender los adecuados planes de suplementación proteica y mineral para optimizar los sistemas productivos.

La respuesta a la suplementación proteica en los sistemas pastoriles dependerá del contenido y digestibilidad de la proteína de las pasturas, de la cantidad de concentrado suplementado y el porcentaje de degradabilidad de la proteína contenida en el concentrado.

Jennings y Holmes (1984) no lograron mejorar la producción lechera de vacas en pastoreo, cuando aumentaron la proteína del concentrado de un 9 a un 14%, agregándole proteína de pescado y gluten de maíz. En este ensayo, si bien se utilizó un recurso proteico de menor degradabilidad, el concentrado no

superó el 30% de la dieta total lo que indica que la cantidad de proteína suplementada sería insuficiente para aumentar significativamente la cantidad de aminoácidos disponibles para el animal a nivel del intestino delgado.

Tanto en este trabajo como en el de Castle et al. (1979), las vacas suplementadas mejoraron la producción de leche, grasa y proteína con respecto a las que no recibieron ningún tipo de suplemento. Ello indica que los efectos de la suplementación sobre la producción deben ser más adjudicados al aporte energético del concentrado que al suministro de proteína.

En trabajos realizados en Argentina tampoco se obtuvieron diferencias en producción y composición de la leche con la incorporación de proteína de baja degradabilidad al concentrado, cuando fue suministrado en los niveles comúnmente utilizados en el país.

Vacas en pastoreos produciendo más de 20 litros de leche diarios y consumiendo 6 Kg de concentrado con expeller de girasol o harina de carne como suplementos proteicos de alta degradabilidad y de baja degradabilidad ruminal respectivamente, no mostraron diferencias en producción, ni en composición de la leche (Rearte et al., 1989).

Debido a la alta degradabilidad ruminal de la proteína de las pasturas de calidad, es baja la cantidad de proteína original que llega al intestino delgado en vacas en pastoreo (Santini et al., 1985).

Esto significa que en nuestros sistemas de producción el concepto de degradabilidad ruminal de la proteína de los suplementos proteicos adquiere gran relevancia, y una respuesta en términos de producción de leche solo será factible con el suministro de suplementos de baja degradabilidad ruminal.

Solo cuando las pasturas tienen un contenido proteico inferior al 12 – 14% suelen aparecer limitaciones de compuestos nitrogenados a nivel ruminal, que afecten la actividad bacteriana, la degradabilidad de la dieta e incluso el consumo por parte del animal (Elizalde, 1990).

El uso de NNP como suplemento

Las fuentes de NNP, como la urea, son usadas frecuentemente en dietas para cubrir los requerimientos de nitrógeno a nivel ruminal. Sin embargo, su uso tiene límites. Los excesos pueden afectar el consumo voluntario de alimentos y causar daños irreversibles, e incluso la muerte del animal (Church, 1974).

El uso del NNP debe ir aparejado con el consumo de carbohidratos de cierto grado de fermentecibilidad ruminal. Se ha observado que cuando las raciones son bajas en carbohidratos pueden ocurrir, con más frecuencias, síntomas de toxicidad con cantidades de urea tan bajas como 0.3 g/kg PV, particularmente en animales que no han sido acostumbrados al consumo de este producto. Cuando los animales reciben adecuadas cantidades de carbohidratos en su ración 1 a 2 g/kg PV de urea puede que no causen problemas de toxicidad si los animales han sido adaptados previamente al consumo de esta fuente (Church, 1974). De acuerdo con la ARC (1984), los requerimientos nitrogenados están íntimamente relacionados a la disponibilidad energética, por lo que puede adoptarse un valor de 32 g de N/kg de materia orgánica (MO) digerida en el rumen, o de 1,34 g de N/Mj de EM, aunque al aumentar la digestibilidad de la MO los requerimientos de N tienden a reducirse (Orskov, 1976).

En general, la suplementación de la dieta de los rumiantes con NNP es una posibilidad gracias a su relativo bajo costo, especialmente la urea, en contraposición con las fuentes de proteína preformada de origen animal o vegetal que, por lo general, son costosas.

2.4.3.5. Suplementación con ensilajes grano húmedo

La respuesta en leche a la suplementación con silo de maíz depende de la cantidad de pastura ofrecida, lo cual determina la tasa de sustitución y el consumo de MS total (Phillips, 1988). La suplementación con silo de maíz tuvo un efecto positivo sobre la producción de leche cuando la cantidad de pastura ofrecida fue baja (Stockdale, 1994).

La suplementación con silo de maíz no afectó el porcentaje de grasa en leche (Stockdale 1994, Valk 1994, Holden et al. 1995). Holden et al. (1995) reportó un contenido similar de proteína cuando la suplementación con silo de maíz no aumento el consumo de MS total.

En cuanto al valor nutritivo se pueden encontrar diferencias en proteína, energía, almidón, fibra, digestibilidad, trastornos digestivos (acidosis), entre otras. Estos valores son los que van a producir modificaciones en las variables que son de interés como producción y composición de leche y variación de peso y condición corporal.

El procesamiento físico tiene un efecto muy importante en la digestibilidad.

Cuando las vacas lecheras son alimentadas con grano de maíz entero, del 18 al 35% del grano abandona el tracto digestivo sin ser prácticamente

alterados. Para una óptima utilización del maíz este debería ser molido con un grado medio de finura.

A su vez, los diferentes materiales y diferentes procesados, van a estar determinando los valores de producción y composición de la leche.

Por ejemplo, en dietas formuladas con granos conteniendo almidón fermentable (avena, cebada), puede haber poco almidón by pass aun en presencia de una aumento en la velocidad de tránsito. Si esta última aumenta excesivamente, parte de las ventajas del suministro de almidón directamente al duodeno pueden ser superadas por la mayor eliminación del mismo en heces. Con la inclusión de almidón de más lenta degradación aun cuando no se observa un impacto inmediato sobre la producción, se mejorará la condición corporal y por lo tanto la performance productiva y reproductiva (García, s.f.).

Cuando se alimentaron vacas con EGH de trigo presentaron mayores valores de leche corregida en grasa que aquellas vacas alimentadas con EGH maíz. Esta mayor producción con trigo, fue explicada por una mayor digestibilidad del almidón tanto en rumen como in vitro (Petit et al., 1996).

Siempre que los carbohidratos fermentables del alimento no limiten la energía disponible para un adecuado crecimiento microbiano, la inclusión de proteína by pass aumentará la eficiencia de producción de leche. Esto se debe a que la glucosa es redirigida del metabolismo de mantenimiento hacia la glándula mamaria donde es precursor para la síntesis de lactosa (García, s.f.).

2.4.3.6. Suplementación con ensilajes

En los sistemas de producción, donde la base de la dieta lo constituye el silaje, la producción de leche estará determinada por la digestibilidad del forraje ensilado lo que dependerá del momento de corte y del estado vegetativo de la planta a ensilar.

Una mayor digestibilidad del silaje asegurará máximos consumos y aumentos en la producción de leche.

A medida que aumenta la digestibilidad del silaje tiende a disminuir el contenido de grasa de la leche, manteniéndose o incrementándose la producción total de grasa, con aumentos de su tenor proteico.

Estos cambios están asociados a un mayor consumo de energía y a una reducción en el contenido de CHO estructurales del forraje.

El suministro en condiciones de pastoreo no restringido provocará altas tasas de sustitución del suplemento sobre el consumo de pasturas; los trabajos de Phillips (1988) muestran una sustitución promedio de 1,17 (Kg MS pastura/Kg MS silaje).

Cuando el silaje es de menor o similar calidad que la pastura la producción de leche se vera disminuida, en cambio cuando la calidad de silaje es superior puede esperarse un aumento en producción y el porcentaje de GB disminuye o se mantiene inalterado.

El contenido de proteína de la leche tiende a disminuir con la suplementación con silaje. Esto se debería a un menor consumo de energía o al bajo contenido de proteína y menor suministro de AA de silaje cuando se lo compara con forraje fresco.

El mayor consumo total de MS se traduce en aumentos en la producción de leche, y la mayor cantidad de energía consumida mejora también la síntesis proteica, observándose aumentos en producción.

Cuando la restricción de pastura es severa, es cuando más condicionada estará la respuesta de ensilaje ofrecido.

Distinta es la respuesta en producción y composición de la leche cuando el silaje suministrado a vacas lecheras en pastoreo es silaje de maíz.

En trabajos donde se comparó la suplementación de silaje con la de silaje de pastura, se observó que el silaje de maíz incluido como 25% de la dieta, permitía mayores producciones de leche, grasa y lactosa que los silajes de pasturas aún cuando ambos suplementos tuvieran similar digestibilidad de MS y se lograron iguales consumos de energía digestible (ED) (Bryant y Donnelly, 1974).

Los efectos positivos de silo de maíz sobre la producción se originan en mejoras en la eficiencia de conversión de ED en leche más que en aumentos en la energía consumida.

La mayor degradabilidad de la pasturas genera exceso de nitrógeno no aprovechado por el animal y la adición de un suplemento como silaje de maíz de bajo contenido proteico pero rico en energía contribuirá a atenuar el desbalance de nitrógeno/energía.

Trabajos realizados muestran el efecto balanceador de silaje de maíz sobre la pastura consumida el que se traduce principalmente en aumentos en el contenido graso (Rearte et al., 1990).

El efecto positivo de la suplementación con silaje de maíz a vacas en pastoreo, se debe al aporte de energía que este suplemento realiza sobre una dieta base rica en proteína como son las pasturas templadas de alta calidad. Esto hace que la respuesta a la suplementación con silaje de maíz dependa del contenido energético, lo que está directamente vinculado con la cantidad de grano del cultivo ensilado.

Cuando la pastura no posee un alto contenido proteico, o donde el silaje de maíz represente más del 50% de la dieta total consumida torna limitante la proteína, afectándose el consumo y consecuentemente la producción de leche (Bryant Donnelly 1974, Elizalde 1990).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN

El ensayo fue realizado en la Unidad de Lechería del Instituto Nacional de Investigación agropecuaria (INIA), estación experimental La Estanzuela, localizada en el paraje Semillero del departamento de Colonia, en la Republica Oriental del Uruguay.

El trabajo comenzó el 12 de Junio del 2006 y finalizo el 19 de Agosto del mismo año. A su vez este período puede subdividirse en tres etapas: la primera de 7 días (del 12/6/06 al 18/6/06), previo a la aplicación de las dietas experimentales donde fueron colectados los datos con el manejo habitual de las vacas para determinar su nivel de partida, con el fin de utilizar esta información como covariable de los resultados del ensayo; la segunda o de adaptación de 14 días (19/6/06 al 3/7/06) con las vacas seleccionadas y la dieta experimental a la que cada una fue asignada y por ultimo 45 días de experimento propiamente dicho (4/7/06 al 18/8/06).

3.2. SELECCIÓN DE ANIMALES

Del rodeo general de la Unidad de Lechería de INIA La Estanzuela, se preseleccionaron 49 vacas de parición de otoño 2006, bloqueadas por: nivel de producción de leche previo al inicio del experimento, la fecha de parto, el número de lactancias y el peso en ese orden de prioridad. Luego de monitoreadas la semana anterior al comienzo del ensayo fueron seleccionadas 42 vacas.

El promedio general para las características utilizadas al bloquear los animales se presenta en el cuadro siguiente.

Cuadro Nº 4: Promedio de las variables medidas en las 42 vacas utilizadas.

Característica	Media
Producción de Leche (lts/vaca/día)	29
Días pos parto	85
Nº de lactancia	3

3.3. TRATAMIENTOS

El ensayo constó de 7 tratamientos con 6 repeticiones, describiéndose estos a continuación:

- Tratamiento 1 Urea Lenta nivel alto (UL2)
- Tratamiento 2 Expeller de Soja nivel alto (ES2)
- Tratamiento 3 Urea Lenta nivel bajo (UL1)
- Tratamiento 4 Expeller de Soja 1 (ES1)
- Tratamiento 5 Testigo (Test.)
- Tratamiento 6 Urea nivel bajo (UR1)
- Tratamiento 7 Urea nivel alto (UR2)

Las dietas experimentales constaron de la asignación de un único nivel de pasturas mezcla de gramíneas y leguminosas utilizadas bajo pastoreo directo entre el ordeño matutino y vespertino (10 Kg de MS/vaca/día). Así mismo a los 7 tratamientos les fueron ofrecidos 30 Kg/vaca/día de Ensilaje de Maíz Planta Entera (EMz) entre el ordeño vespertino y matutino. La suplementación de la dieta anteriormente descrita se presenta a continuación.

Cuadro Nº 5: Composición del suplemento en Kg ofrecido BF según tratamiento.

Tratamiento	Kg ofrecido en base fresca.			
	GHMa	Urea	Urea Lenta	Exp. Soja
UL2	6		0,168	
ES2	5,53			1,1
UL1	6		0,084	
ES1	5,75			0,45
TEST	6			
UR1	6	0,075		
UR2	6	0,15		

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis de los efectos de las tres fuentes de nitrógeno y los tres niveles de inclusión, se utilizó un diseño experimental con 7 tratamientos y 6 repeticiones, con un diseño de bloques compuestos al azar. El modelo lineal aditivo para el análisis de los efectos de los tratamientos será:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = observación asociada al tratamiento i , del bloque j

μ = Media poblacional

T_i = Efecto del tratamiento i

B_j = Efecto del bloque j

ϵ_{ij} = Error aleatorio asociado a la observación ij

Se destaca que el diseño experimental con utilización de medias estructuradas (tratamientos con 0; 34; 68, (g de nitrógeno/vaca/día), permitirá estimar funciones de respuesta de las variables de producción animal en los niveles de inclusión de N en dieta para las tres fuentes evaluadas, mediante la estimación de los polinomios ortogonales correspondientes.

3.5. ALIMENTOS

Para el ensayo se asignaron los poteros G1, 2, 3, 4; A1, 2, 3 y BX1, 2 que presentan una mezcla de festuca y leguminosas (Trébol Blanco, Lotus, Alfalfa), de segundo y tercer año. La dieta utilizada durante el ensayo se caracterizó por ser iso energética, variando las cantidades y las fuentes de proteína asignada

3.6. MANEJO

Las vacas eran ordeñadas dos veces al día 7:00 y 16:30 horas siendo la duración de este de una hora aproximadamente. El suplemento se pesaba en bolsas de polietileno y se suministraba en mitades iguales en cada ordeño según el tratamiento; se esperaba que los animales dejaran de comer voluntariamente antes de ser liberados.

Luego del ordeño matutino las vacas eran conducidas en grupos de 6 (todos pertenecientes al mismo tratamiento) hasta la parcela sorteada al azar (con igual disponibilidad de forraje para todos los tratamientos), donde permanecían hasta el ordeño vespertino. Basándose en los datos de disponibilidad se asignaban franjas diarias limitadas de cabeza y cola por alambre electrificado.

Se ofreció agua ad libitum durante el encierro nocturno, no teniendo acceso a esta durante el pastoreo.

Luego del ordeño vespertino las vacas pertenecientes a cada tratamiento eran conducidas a corrales de alimentación predeterminados de 11 m X 9 m, en cada uno de los cuales se les suministraba el Ensilaje de Maíz. En estos se ofrecía una sal mineral mezcla para consumo de esta ad libitum.

3.7. DETERMINACIONES

3.7.1. En los alimentos

3.7.1.1. Pasturas

Disponibilidad y composición.

La disponibilidad fue estimada sobre la base del muestreo del área que posteriormente se pastorearía por tres días, para lo cual se realizaron 10 cortes al azar con cuadros de 0.2 X 0.5 m con tijera de aro y a ras del suelo. Tres cuadros elegidos al azar de los 10, se utilizaron para la determinación de componentes botánicos de la pastura; estos se separaban en cuatro fracciones: leguminosas, gramíneas, malezas y restos secos. Luego de cada una de las muestras enteras y fracciones botánicas fueron pesadas en fresco en bandejas individuales para posteriormente ser llevadas a estufas de aire forzado a 60 °C durante 48 horas, para la determinación de materia seca parcial.

Con el dato de disponibilidad, se dimensionaban las franjas de tres y cuatro días, correspondientes a cada oferta de pasturas. Luego de pastoreada la franja de tres días y sobre cada una de las parcelas correspondientes a cada tratamiento se realizaba la determinación de la disponibilidad del rechazo, para la cual se cortaban diez cuadrados, nuevamente de 0.2 X 0.5 m con tijera de aro y al ras del suelo, en cada parcela con tratamiento diferente.

Los muestreos se realizaron para el cálculo de las franjas de tres días, siendo la de cuatro días estimada suponiendo una oferta de forraje igual a las anteriores.

Valor nutritivo

Las muestras secas fueron molidas en un molino para pasturas Wiley equipado con una malla de un milímetro, las cuales se mezclaron y cuartearon por separado: oferta, y rechazo del T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7. Luego fueron remitidas al laboratorio de nutrición del INEA LE para la determinación de: materia seca absoluta (MS), proteína cruda (PC), residuo insoluble en detergente ácido (FDA), residuo insoluble en detergente neutro (FDN) y cenizas (CEN). La metodología para el análisis de los nutrientes fueron las siguientes:

- a) Materia seca absoluta según el A.O.A.C. (1984).
- b) Cenizas según el A.O.A.C. (1984).

- c) Fibra detergente neutro según el método de Goering y Van Soest (1970).
- d) Fibra detergente ácido según el método de Goering y Van Soest (1970).
- e) Nitrógeno y proteína cruda según el A.O.A.C. (1984) utilizándose para la determinación un equipo marca KJELTEK AUTO DISTILLATION modelo 2200, fabricado por FOSS – TECATOR, Suecia.

Para la estimación de la energía neta de lactación (ENL) de las pasturas se utilizo la siguiente ecuación:

$$\text{ENL (Mcal/Kg MS)} = 2.398 - (0.028 \times \% \text{ FDA}) \text{ (Acosta, 1994).}$$

3.7.1.2. Ensilaje

Disponibilidad

El ensilaje de maíz era ofrecido en comederos colectivos correspondientes a las seis vacas de cada tratamiento las cuales permanecían allí ente el ordeño vespertino y el matutino. En cada semana y durante tres días consecutivos se peso el ofrecido y el rechazo, para determinar el desaparecido de ensilaje de cada tratamiento.

Valor nutritivo

Las determinaciones del valor nutritivo se realizaban en el segundo día de la franja control en la cual se tomaba una muestra representativa del ofrecido y del rechazo cuando este existía. Las muestras eran acondicionadas en una bolas de nylon de forma hermética y conservadas a -18° C, hasta ser colocadas en la estufa de aire forzado a 60° C hasta peso constante. Luego estas fueron molidas en molino con malla de un milímetro y remitidas al Laboratorio de Forrajes y Concentrados de INIA para las mismas determinaciones que las pasturas.

La estimación de energía neta de lactación del ensilaje fue realizada a través de su FDA mediante la siguiente ecuación:

$$\text{ENL (Mcal/Kg MS)} = 2.301 - (0.0273 \times \% \text{ FDA}) \text{ (Acosta, 1994).}$$

3.7.1.3. Concentrados

Consumo

Los suplementos de la dieta eran ofrecidos dentro de la sala de ordeño correspondiéndose con cada tratamiento. Para los tratamientos en los cuales se utilizó urea o urea lenta, esta fue mezclada en el momento del ordeño.

En ambos ordeños correspondientes al segundo día de la franja control se colectaban los rechazos individuales de cada tratamiento, los cuales luego eran pesados de forma de poder estimar el concentrado desaparecido por vaca y por día. Luego estos eran acondicionados en bolsas de nylon de forma hermética y conservados a -18° C, hasta ser colocadas en la estufa de aire forzado a 60° C hasta alcanzar peso constante.

Valor nutritivo

Al igual que el ensilaje, en el segundo día de la franja de pasturas de tres días de duración, se tomó una muestra del grano húmedo ofrecido. Luego del secado en la estufa, estas fueron molidas en molino con malla de un milímetro y remitidas al Laboratorio de Forrajes y Concentrados de INIA para las mismas determinaciones que las pasturas.

Para la estimación de la energía neta de lactación de los concentrados fue utilizada la siguiente ecuación:

$$\text{ENL (Mcal/Kg MS)} = 1.909 - (0.015 \times \% \text{ FDA}) \text{ (Acosta, 1994).}$$

3.7.2. En los animales

3.7.2.1. Producción de leche

Antes del comienzo del ensayo, en la semana previa a las dietas experimentales y durante 14 ordeños, se registró la producción individual de las 49 vacas seleccionadas antes de comenzar el ensayo, consumiendo estas la misma dieta que el rodeo general. En seis de esos catorce ordeños se colectaron muestras individuales de leche que fueron enviadas al Laboratorio de Calidad de Leche de INIA, LE. En una ocasión dentro de esta semana se registró el peso vivo (PV) de esas vacas, así como su condición corporal. Esta información se utilizó como covariable de los resultados obtenidos en el período experimental subsiguiente.

Se midió la producción de leche individual durante todo el período de duración del experimento. El rendimiento de leche es expresado en litros por vaca por día tanto para leche sin corregir, como para leche corregida por grasa al 4 % (LCG) y leche corregida por energía (LCE) las cuales se calculan según las siguientes ecuaciones:

$$\text{LCG} = \text{Kg de leche} \times (0.4 + 0.15 \times \% \text{ grasa})$$
$$\text{LCE} = (\text{kg de leche} \times 0,327) + (\text{kg de grasa} \times 12,95) + (\text{kg de Proteína} \times 7,2)$$

3.7.2.2. Componentes de la leche

Durante cada semana se obtuvieron tres muestras de cada animal. Cada muestra diaria, compuesta de los ordeñes AM y PM, se remitieron al Laboratorio de Calidad de Leche de INIA, LE para la determinación de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos y recuento de células somáticas (CCS).

Durante los seis ordeñes correspondientes a los tres días de la franja control se tomo una muestra individual de leche en un recipiente de plástico de 50 ml; la mitad de esa muestra era colectada durante el ordeño vespertino y la otra durante el ordeño siguiente (matutino), obteniéndose de esta forma las tres muestras semanales por animal.

Para la determinación de los componentes de la leche se utilizó un equipo Bentley 2000 de Bentley Instruments USA. Los sólidos no grasos se determinaron por la suma de valores de proteína, lactosa y un valor fijo (0.69) correspondientes al contenido de minerales previamente establecido para el mes del análisis. El método utilizado es el establecido en el IDF Standart 141 A: 1990 de FIL - IDF. Recuento de células somáticas fue realizado en un equipo Somacount 500 de Bentley Instruments.

3.7.2.3. Peso vivo y condición corporal

Una vez cada 15 días las vacas fueron pesadas individualmente en una balanza mecánica, sin ayuno previo, luego del ordeño matutino. A la salida de la balanza se registraba la condición corporal de las vacas, por apreciación visual utilizando la escala de valores de 5 puntos (donde 1 corresponde a un animal emaciado y 5 uno muy engrasado) según la metodología propuesta por García Paloma (1990).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ALIMENTOS

4.1.1. Descripción de las dietas experimentales

En este punto se presentara la dieta ofrecida y consumida por los animales para cada tratamiento. Así como también la composición de esta en cuanto a los nutrientes (proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), cenizas (Cen)).

4.1.1.1. Pastura

Disponibilidad y valor nutritivo de la pastura ofrecida

Los siguientes datos corresponden a un promedio de los valores obtenidos en el período de duración del experimento. La pastura ofrecida fue la misma en todos los tratamientos (10 Kg MS/vaca/día).

Cuadro N° 6: Cantidad y calidad de la pastura ofrecida

	MS (Kg/ha)	MS (%)	PC	FDA	FDN	Cen	ENL (Mcal/KgMS)
Promedio	2064,05	18,79	21,04	38,88	57,41	12,98	1,31
CV	16,25	0,22	14,13	8,75	7,89	10,34	7,45

Tanto en la cantidad como en la composición de la pastura no se encontraron CV altos, lo que demuestra una baja incidencia en el cambio de franja. A los efectos del experimento esto es importante ya que disminuye el error experimental. Esto es consecuencia de la elección de potreros con praderas de igual edad y composición botánica, tal cual fue descrito en el capítulo Materiales y Métodos.

Disponibilidad y valor nutritivo de la pastura rechazada

Para evaluar el comportamiento ingestivo de los animales se realizaron mediciones sobre los rechazos de pastura. A continuación se presentan los promedios de los datos obtenidos durante el ensayo.

Cuadro N° 7: Cantidad y calidad de la Pastura rechazada.

Tratamiento	MS (Kg/ha)	MS (%)	PC	FDA	FDN	Cen	ENL (Mcal/KgMS)
UR1	756	21,46	14,0	49,7	64,0	20,1	1,01
UL1	979	27,08	12,3	55,4	66,9	31,4	0,85
ES2	729	23,62	14,0	52,9	63,7	26,1	0,92
ES1	700	23,37	12,9	51,4	66,1	24,4	0,96
UR2	682	22,91	15,7	61,4	76,8	26,7	0,68
Testigo	772	23,13	13,3	52,0	65,4	25,1	0,94
UL2	759	24,61	12,6	51,6	65,3	24,1	0,95

Comparando los datos de oferta y rechazo, se observa que a pesar de que fue restringida la disponibilidad de la pastura, existió selección por parte de los animales. Esta selección se explica por las diferencias en PC, FDA, FDN.

Utilización de la pastura

En el cuadro siguiente se presentan los valores de utilización promedio de las pasturas a lo largo de experimento, estimados en base al desaparecido, suponiéndose que todo el forraje desaparecido fue consumido por los animales.

Cuadro N° 8: Utilización de pasturas

Tratamiento	% Utilización
UR1	63,4
UL1	52,6
ES2	64,7
ES1	66,1
UR2	67,0
Testigo	62,6
UL2	63,2

Los porcentajes de utilización observados son adecuados teniendo en cuenta el tipo de pastura, época del año. Algunos de los datos pueden ser tomados como altos, debido a una oferta restringida o por errores en el muestreo.

4.1.1.2. Ensilaje

Valor nutritivo del ensilaje de planta entera de maíz

A continuación se presentan el promedio de calidad del ensilaje de maíz suministrado a los animales. Se ofrecieron 30 Kg BF/vaca/día y no se observaron rechazos.

Cuadro N° 9: Valor nutritivo del ensilaje de planta entera de maíz

	MS (%)	PC	FDA	FDN	Cen	ENL (Mcal/KgMS)
Promedio	24,37	9,73	39,28	63,62	8,47	1,23
CV	7,33	7,92	2,48	1,85	3,16	2,17

Los valores observados son acordes a ensilajes de buena calidad, similares a los presentados por Acosta et al. (2002). A su vez no existen altas variaciones en los diferentes muestreos, ya que se utilizó el mismo material durante todo el experimento y se le suministro la misma cantidad para todos los tratamientos.

4.1.1.3. Grano húmedo de maíz

Valor nutritivo del grano húmedo de maíz

A continuación se presentan el promedio de calidad del grano húmedo de maíz suministrado a los animales.

Cuadro N° 10: Valor nutritivo del grano húmedo de maíz

	MS (%)	PC	FDA	FDN	Cen	ENL (Mcal/KgMS)
Promedio	67,05	8,02	3,13	8,35	1,49	2,01
CV	2,15	1,28	8,39	4,88	4,74	0,23

El grano húmedo fue ofrecido en la misma cantidad y calidad para todos los tratamientos, utilizando el mismo material durante todo el experimento. Por esta razón los CV son bajos, logrando así disminuir el efecto del error experimental.

Este tipo de alimento es una fuente de energía con escaso aporte de proteína y minerales y mayor proporción de compuestos rápidamente fermentables con escaso aporte de fibra.

4.1.1.4. Suplementos proteicos

Valor nutritivo de los suplementos proteicos

Cuadro N° 11: Valor nutritivo de los suplementos proteicos

	MS (%)	PC	FDA	FDN	Cen	ENL (Mcal/KgMS)
Expeller de soja	91,4	37,81	20,40	38,35	7,34	1,60
Optigen		231,44	5,46	9,43	0,01	
Urea	97	278,87				

Estos alimentos son una fuente importante de proteína, los cuales difieren en el tipo de la proteína aportada. El expeller de soja es una fuente de proteína verdadera, mientras que los dos tipos de urea son una fuente de nitrógeno no proteico.

El Optigen aporta menos N que la urea, esta tiene una cubierta con un polímero biodegradable con la característica de liberar paulatinamente el N.

Según Orskov (1982), por lo general, la urea alcanza su pico máximo de liberación en rumen a las dos horas después del consumo, en cambio las otras dos fuentes su liberación es más lenta.

El expeller de soja además de ser una fuente de proteína, es a su vez una fuente de aminoácidos y de energía.

4.1.1.5. Dieta ofrecida

Tanto la pastura como el grano húmedo y el ensilaje de planta entera, fueron suministrados en igual cantidad y calidad para todos los tratamientos.

Cuadro N° 12: Composición de la dieta ofrecida

		Testigo	UR2	UL2	UL1	ES2	UR1	ES1
MS Kg	Pastura	10	10	10	10	10	10	10
	EMz	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31
	EGHMz	4,02	4,02	4,02	4,02	2,97	4,02	3,55
	Urea		0,15				0,075	
	Urea Lenta			0,168	0,084			
	Exp soja					1,01		0,41
	Total	21,33	21,48	21,50	21,42	21,29	21,41	21,27
PC Kg	Pastura	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
	EMz	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	EGHMz	0,32	0,32	0,32	0,32	0,24	0,32	0,29
	Urea		0,43				0,22	
	Urea Lenta			0,39	0,19			
	Exp soja					0,38		0,16
	Total	3,14	3,57	3,53	3,33	3,43	3,35	3,26
FDA Kg	Pastura	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89	3,89
	EMz	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87
	EGHMz	0,13	0,13	0,13	0,13	0,09	0,13	0,11
	Urea							
	Urea Lenta			0,009	0,005			
	Exp soja					0,21		0,08
	Total	6,89	6,89	6,89	6,89	7,06	6,89	6,95
FDN Kg	Pastura	5,74	5,74	5,74	5,74	5,74	5,74	5,74
	EMz	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
	EGHMz	0,34	0,34	0,34	0,34	0,25	0,34	0,30
	Urea							
	Urea Lenta			0,02	0,01			
	Exp soja					0,39		0,16
	Total	10,73	10,73	10,74	10,74	11,03	10,73	10,85
Cen Kg	Pastura	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
	EMz	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
	EGHMz	0,06	0,06	0,06	0,06	0,04	0,06	0,05
	Urea							
	Urea Lenta			0,00	0,00			
	Exp soja					0,07		0,03
	Total	1,98	1,98	1,98	1,98	2,04	1,98	2,00
ENL Mcal	Pastura	13,09	13,09	13,09	13,09	13,09	13,09	13,09
	EMz	8,98	8,98	8,98	8,98	8,98	8,98	8,98
	EGHMz	8,11	8,11	8,11	8,11	5,98	8,11	7,16
	Urea							
	Urea Lenta			0,31	0,15			
	Exp soja					1,62		0,66
	Total	30,18	30,18	30,49	30,33	29,68	30,18	29,89

Cuadro N° 13: Composición porcentual de la dieta ofrecida

		Testigo	UR2	UL2	UL1	ES2	UR1	ES1
PC (%)	Pastura	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
	EMz	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
	EGHMz	8,02	8,02	8,02	8,02	8,02	8,02	8,02
	Urea		287,5				287,5	
	Urea Lenta			231,4	231,4			
	Exp soja					37,8		37,8
	Total	14,7	16,6	16,4	15,6	16,1	15,7	15,3
FDA (%)	Pastura	39	39	39	39	39	39	39
	EMz	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3
	EGHMz	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13
	Urea							
	Urea Lenta			5,46	5,46			
	Exp soja					20,40		20,40
	Total	32,3	32,1	32,1	32,2	33,2	32,2	32,7
FDN (%)	Pastura	57	57	57	57	57	57	57
	EMz	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6
	EGHMz	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35
	Urea							
	Urea Lenta			9,43	9,43			
	Exp soja					38,35		38,35
	Total	50,3	49,9	50,0	50,1	51,8	50,1	51,0
Cen (%)	Pastura	13	13	13	13	13	13	13
	EMz	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
	EGHMz	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49
	Urea							
	Urea Lenta			0,01	0,01			
	Exp soja					7,34		7,34
	Total	9,3	9,2	9,2	9,2	9,6	9,2	9,4
ENL (Mcal/KgMS)	Pastura	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	EMz	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23
	EGHMz	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01
	Urea							
	Urea Lenta			1,83	1,83			
	Exp soja					1,60		1,60
	Total	1,4						

Se debe destacar que se formularon dietas iso energéticas para lograr el objetivo de cuantificar el efecto de la suplementación proteica en dietas con alto contenido de almidón. Para esto a los tratamientos con expeller se les suministro menos EGHMz a los efectos de compensar la cantidad de energía aportada por el expeller.

Al suministrar las mismas cantidades de EMz, pastura y EGHMz (menos en los tratamientos con expeller de soja), era esperable que los kg y porcentaje de MS, FDN, FDA, Cen, ENL fuesen similares.

Las diferencias encontradas en PC son consecuencia de los tres niveles de suplementación utilizados en el experimento (0, 1, 2).

4.1.1.6. Dieta consumida

A los efectos del experimento es importante conocer lo que realmente consumieron los animales, ya que es esto lo que determinara el rendimiento.

Tanto los kg como la composición de la dieta consumida fueron estimados a partir de los rechazos de cada alimento ofrecido. En el caso del EMz lo consumido fue igual a lo ofrecido ya que no se registraron rechazos.

Por otra parte en el consumo de EGHMz se encontraron rechazos relevantes en un solo tratamiento (UR2). No obstante la composición de lo consumido fue igual al no existir selección.

En el caso de la pastura se midieron los rechazos por tratamiento y semanas, con los cuales se calcularon los kg desaparecidos y su valor nutritivo.

Cuadro N° 14: Composición de la dieta consumida

		Testigo	UR2	UL2	UL1	ES2	UR1	ES1
MS Kg	Pastura	6,26	6,70	6,32	5,26	6,47	6,34	6,61
	EMz	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31	7,31
	EGHMz	4,02	3,64	4,00	4,02	2,95	4,02	3,55
	Urea		0,15				0,08	
	Urea Lenta			0,17	0,08			
	Exp soja					1,01		0,41
	Total	17,59	17,80	17,80	16,67	17,74	17,74	17,88
PC Kg	Pastura	1,60	1,54	1,63	1,51	1,60	1,58	1,65
	EMz	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
	EGHMz	0,32	0,29	0,32	0,32	0,24	0,32	0,29
	Urea		0,42				0,22	
	Urea Lenta			0,39	0,19			
	Exp soja					0,38		0,16
	Total	2,63	2,96	3,05	2,74	2,93	2,83	2,81
FDA Kg	Pastura	1,98	1,98	2,03	1,30	2,06	2,11	2,19
	EMz	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87
	EGHMz	0,13	0,11	0,13	0,13	0,09	0,13	0,11
	Urea							
	Urea Lenta			0,01	0,005			
	Exp soja					0,21		0,08
	Total	4,98	4,97	5,04	4,30	5,23	5,11	5,25
FDN Kg	Pastura	3,27	3,31	3,31	2,54	3,47	3,37	3,48
	EMz	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
	EGHMz	0,33	0,30	0,33	0,34	0,25	0,34	0,30
	Urea							
	Urea Lenta			0,02	0,01			
	Exp soja					0,39		0,16
	Total	8,26	8,27	8,31	7,54	8,75	8,36	8,58
Cen Kg	Pastura	0,34	0,43	0,39	0,18	0,44	0,54	0,52
	EMz	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
	EGHMz	0,06	0,05	0,06	0,06	0,04	0,06	0,05
	Urea							
	Urea Lenta			0,00	0,00			
	Exp soja					0,07		0,03
	Total	1,02	1,10	1,07	0,85	1,18	1,22	1,22
ENL Mcal	Pastura	9,46	10,51	9,47	8,96	9,74	9,29	9,72
	EMz	8,98	8,98	8,98	8,98	8,98	8,98	8,98
	EGHMz	8,11	7,34	8,06	8,09	5,95	8,11	7,16
	Urea							
	Urea Lenta			0,31	0,15			
	Exp soja					1,62		0,66
	Total	26,54	26,83	26,81	26,19	26,29	26,38	26,52

Cuadro N° 15: Composición porcentual de la dieta consumida

		Testigo	UR2	UL2	UL1	ES2	UR1	ES1
PC (%)	Pastura	25,5	22,9	25,8	28,7	24,7	24,9	25,0
	EMz	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7
	EGHMz	8,03	8,03	8,03	8,02	8,02	8,02	8,02
	Urea		287,5				287,5	
	Urea Lenta			231,4	231,4			
	Exp soja					37,8		37,8
	Total	14,9	16,6	17,1	16,4	16,5	15,9	15,7
FDA (%)	Pastura	32	30	32	25	32	33	33
	EMz	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3	39,3
	EGHMz	3,13	3,12	3,13	3,13	3,13	3,13	3,13
	Urea							
	Urea Lenta			5,46	5,46			
	Exp soja					20,40		20,40
	Total	28,3	27,9	28,3	25,8	29,5	28,8	29,4
FDN (%)	Pastura	52	49	52	48	54	53	53
	EMz	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6	63,6
	EGHMz	8,32	8,30	8,32	8,35	8,35	8,35	8,35
	Urea							
	Urea Lenta			9,43	9,43			
	Exp soja					38,35		38,35
	Total	46,9	46,4	46,7	45,2	49,3	47,1	48,0
Cen (%)	Pastura	5	6	6	3	7	8	8
	EMz	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
	EGHMz	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49
	Urea							
	Urea Lenta			0,01	0,01			
	Exp soja					7,34		7,34
	Total	5,8	6,2	6,0	5,1	6,7	6,9	6,8
ENL (Mcal/KgMS)	Pastura	1,5	1,6	1,5	1,7	1,5	1,5	1,5
	EMz	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23
	EGHMz	2,01	2,02	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01
	Urea							
	Urea Lenta			1,83	1,83			
	Exp soja					1,60		1,60
	Total	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5

A pesar de la buena utilización de la pastura, los valores observados del desaparecido permiten concluir que hubo una mayor selección hacia los componentes de mayor calidad. Esto hace que aumenten el porcentaje de PC y la concentración de energía, a la vez que disminuyen los porcentajes de FDA y FDN.

En el consumo de pastura existieron diferencias entre tratamientos, principalmente entre el menor consumo del tratamiento UL1 frente al mayor del UR2. Este mayor consumo del tratamiento UR2 puede deberse a la compensación del menor consumo de EGHMz. El tratamiento UL1 compensa el menor consumo con una mayor calidad de lo ingerido.

No existen diferencias marcadas en el consumo de PC en la pastura, por lo que las diferencias en el consumo de PC están dadas por los diferentes niveles de suplementación proteica. Esto nos permite cuantificar el efecto de los niveles y fuentes proteicas, lo cual es nuestro objetivo.

4.2. PRODUCCIÓN

4.2.1. Composición y producción de leche

En este punto se presentara los resultados de producción y composición de leche obtenidos de los animales para cada tratamiento (leche corregida por grasa (LCG), leche corregida por energía (LCE), grasa (G), proteína (P), lactosa (L), sólidos no grasos (SNG) y sólidos totales (ST)).

Cuadro N° 16: Composición y producción de leche

	ES1	ES2	Test	UL1	UL2	UR1	UR2	P<f
Leche	24,83a	24,945a	23,975a	23,598a	24,533a	23,44a	24,12a	
LCG	24,424a	24,799a	23,863a	23,523a	23,623a	23,628a	24,190a	
LCE	25,825a	26,362a	25,123a	24,837a	25,059a	25,010a	25,514a	
G%	3,898ab	3,975ab	3,958ab	3,983ab	3,755b	4,075a	4,037ab	0,1
P%	2,917a	3,015a	2,885a	2,923a	2,897a	3,005a	2,923a	
L%	4,762ab	4,68b	4,753ab	4,852a	4,725ab	4,837a	4,818a	0,1
SNG%	8,377ab	8,392ab	8,333ab	8,477ab	8,317b	8,538a	8,443ab	0,1
ST%	12,275ab	12,367ab	12,292ab	12,46ab	12,072b	12,613a	12,48ab	0,1
Gkg	0,966a	0,988a	0,952a	0,939a	0,921a	0,950a	0,969a	
Pkg	0,721ab	0,751a	0,689b	0,689b	0,710ab	0,700b	0,704ab	0,1
Lkg	1,182a	1,166a	1,138a	1,144a	1,160a	1,133a	1,163a	
SNGkg	2,077a	2,091a	1,993a	1,999a	2,041a	1,996a	2,036a	
STkg	3,043a	3,079a	2,945a	2,938a	2,961a	2,946a	3,006a	

Valores con letras iguales en una misma fila denotan diferencias no significativas (P<0,1).

No existen diferencias significativas tanto en producción de leche como en LCG y LCE. Esto puede estar determinado por el nivel de consumo, ya que no se encontraron grandes diferencias en los Kg de MS consumidos. Por otra parte la composición de esa dieta fue similar entre tratamientos, principalmente los niveles de energía. Jennings y Holmes (1984) no lograron mejorar la producción

lechera de vacas en pastoreo, cuando aumentaron la proteína del concentrado de un 9 a un 14%, agregándole proteína de pescado y gluten de maíz. De la misma manera, Rearte et al. (1989) no encontró diferencias en producción, ni en composición de la leche en vacas en pastoreos produciendo más de 20 litros de leche diarios y consumiendo 6 Kg de concentrado con expeller de girasol o harina de carne como suplementos proteicos de alta degradabilidad y de baja degradabilidad ruminal respectivamente. Por otro lado, según García (s.f.), siempre que los carbohidratos fermentables del alimento no limiten la energía disponible para un adecuado crecimiento microbiano, la inclusión de proteína by pass aumentará la eficiencia de producción de leche

Lo que si puede estar afectando los niveles de producción es la cantidad de proteína consumida, en las cuales si existen diferencias; dado los tres niveles evaluados. Esta diferencia en cuanto a la cantidad y calidad de proteína suministrada puede estar marcando una tendencia, donde la mayor producción estaría dada por el tratamiento ES2, luego los seguirían los tratamientos UR2, UL2 y ES1; y por ultimo los tratamientos UL1, UR1 y Test.

En cuanto a los porcentajes de G, SNG, ST no deberían existir diferencias, ya que la grasa de la leche estaría asociada a la suplementación con granos de maíz (Rearte, 1992), donde no varió la cantidad de EGHMz consumida. En el caso de cambiar cantidad y fuentes proteicas, en general el nivel de proteína cruda de la dieta afecta más a la producción de leche (Acosta, 2002), por esta razón lo que podría estar ocurriendo es un efecto de dilución.

Para el caso de la lactosa también no debería haber diferencias, ya que su concentración en la leche es relativamente constante (Oldham y Sutton, 1983), y solo puede ser modificada por consumos extremadamente bajos que afectan la concentración de glucosa en sangre y especialmente efectos pronunciados en etapas tardías de la lactancia (Sutton, 1989). Lo que podría estar ocurriendo es un efecto de dilución.

Debido a que la suplementación energética y el consumo de forraje fue similar en todos los tratamientos, no se encontraron diferencias significativas en los Kg de G, dado que la concentración de grasa en la leche esta asociada a la relación forraje concentrado de la dieta (Rearte, 1992).

En el caso de los Kg de P, existieron diferencias significativas, debido a los cambios de nivel y fuente en la suplementación proteica. Por un lado el tratamiento ES2 es el que produjo mayor Kg de P. Este fue significativamente mayor que los tratamientos UL1, UR1, los cuales consumieron como fuente proteica NNP, y el Testigo. Mientras que ES1, UL2 y UR2 son intermedios.

En primer lugar hay que tener en cuenta que el expeller de soja promueve una mayor producción de PCM, lo cual aumenta la proteína en leche. Esta mayor producción de PCM esta dada por una mejor sincronización entre el aporte de N y energía, ya que el expeller aporta ambos nutrientes.

Otra de las razones por la que el tratamiento ES2 muestre los mayores resultados es la composición de la proteína consumida. La proteína de la leche es sintetizada en la glándula mamaria, y dependerá para ello de la energía disponible y de los aminoácidos absorbidos en el intestino delgado. La composición de aminoácidos esenciales de la leche y los tejidos es tan similar a la composición de los microorganismos, con excepción de leusina y la arginina que son bajas y altas respectivamente en los tejidos y en la leche que en los microorganismos. La soja es un buen recurso de aminoácidos específicos, esta mejor balanceado que ninguno si se lo compara con la composición de la leche (Polan, 1992).

En el caso de la lisina, según Polan (1992), los suplementos proteicos mejor balanceados en aminoácidos esenciales para la producción de leche son, en primer lugar la harina de sangre y en segundo lugar la proteína microbiana. Como se mencionó anteriormente el expeller de soja es el que produce mayor PCM.

Para que exista la síntesis de la proteína microbiana en el rumen, es necesaria una sincronización entre el N-amoniaco y los compuestos energéticos que se encuentran en la dieta. Por esta razón, en el caso de los tratamientos con una fuente de N en forma de NNP, existe respuesta al aumento en la dosis, ya que la dieta no presenta déficit de energía.

No se encontraron diferencias entre los dos tipos de urea, igual que los resultados obtenidos por Edwards y Bartley (1976). Los intentos de disminuir la velocidad con que el amoniaco es producido en el rumen mediante la protección de los compuestos de NNP no han dado lugar a resultados enteramente satisfactorios debido, posiblemente, a que en cierta medida se ha evitado la conversión de NNP en amoniaco. Parece que un abundante aporte de amoniaco es necesario para lograr una máxima síntesis microbiana (Bartley y Deyode, 1974).

Según los resultados de Anderson (1976) habría que suponer que con la urea protegida se deberían obtener mayores cantidades de proteína microbiana que con urea, ya que habría una mayor coordinación entre los niveles de amoniaco con los de carbohidratos. Si el amoniaco es liberado con demasiada rapidez, puede absorberse en gran cantidad a través de la pared ruminal y constituir, así, una pérdida para el animal (Smith, 1975).

No se encontraron diferencias significativas en la cantidad de L, SNG, ST, ya que están relacionados al porcentaje de cada uno y a la producción de leche

4.2.2. Condición corporal y peso

Cuadro N° 17: Condición Corporal y Peso

	ES1	ES2	TEST	UL1	UL2	UR1	UR2	P<f
DVP	11,5a	-19,167b	8,667a	8,667a	5,5a	12,47a	-0,167ab	0,1
DCC	0,25a	0,00a	0,00a	0,083a	0,083a	0,25a	0,167a	
BVP	0,168a	-0,269b	0,233a	-0,008ab	0,099ab	0,235a	-0,119ab	0,1
BCC	0,007a	0,04a	0,00a	0,004a	0,004a	0,004a	0,005a	

Valores con letras iguales en una misma fila denotan diferencias no significativas ($P < 0,1$).

Para el caso de CC no se encuentran diferencias significativas. Hay que tener en cuenta que es una medida subjetiva, con un sesgo marcado producida por la persona que realiza la medición.

El testigo gana peso durante el experimento, lo que puede ser explicado por una tendencia a producir menos leche con menor contenido de proteína.

Ocurre en todos los casos que al pasar de un nivel de proteína 1 a un nivel 2, tiende a existir un aumento de la pérdida de peso. Esto puede estar dado por el hecho de que al aumentar el nivel de proteína, la vaca tiende a producir más leche. Por lo tanto destina mayor proporción de la energía consumida a la producción de leche y menor a la ganancia de peso.

Los tratamientos con Optigen (UL1 y UL2), no presentaron variaciones en el peso a pesar de que exista una tendencia a aumentar la producción de leche y Kg P, al aumentar un nivel de suplementación. No ocurre lo mismo al utilizar la UR, donde al pasar de UR1 a UR2, a pesar de que exista una tendencia a aumentar la producción de leche y Kg P, tiende a perder peso. Todo esto puede estar explicado por una mejor sincronización a nivel ruminal entre el N amoniacal y los carbohidratos. Puede que exista una utilización de energía para eliminar un exceso de N que no pueda ser utilizado. Según Owens y Zinn (1988) el NNP es inútil en exceso y puede ser negativo pues reduce el consumo o incrementa las pérdidas de energía.

El tratamiento ES2 mostró mayor pérdida de peso ya que como se explicó anteriormente, podría estar condicionado por su mayor producción de leche y proteína.

4.3. FUNCIONES DE RESPUESTA

En este punto se presentaran los datos obtenidos mediante regresiones polinomiales, los cuales utilizaremos para representar los resultados de producción y composición de la leche.

Los modelos de respuesta obtenidos para la mayoría de las variables no son significativos, por lo cual se usarán solo para marcar tendencias.

En los siguientes cuadros se presentan para cada fuente de N las funciones de predicción para las variables de producción y composición analizadas, con sus correspondientes parámetros estadísticos.

4.3.1. Expeller de soja

Cuadro N° 18: Funciones de respuestas de las diferentes variables de producción animal.

Variable	β_0	β_1	B_2	R2	Sxy	Pr > F
Leche	23,975	0,0360	-0,000320	0,031	2,653	0,790
LCG	23,863	0,0192	-0,000080	0,026	2,581	0,821
LCE	25,123	0,0231	-0,000072	0,045	2,570	0,710
P	2,885	0,0000	0,000029	0,153	0,143	0,288
G	3,958	-0,0038	0,000059	0,020	0,250	0,857
L	4,753	0,0016	-0,000039	0,074	0,142	0,563
SNG	8,333	0,0017	-0,000012	0,017	0,207	0,880
ST	12,292	-0,0021	0,000047	0,018	0,323	0,873
Pkg	0,689	0,0009		0,179	0,058	0,081
Gkg	0,952	0,0003	0,000003	0,023	0,108	0,843
Lkg	1,138	0,0022	-0,000026	0,029	0,115	0,800
SNGkg	1,993	0,0035	-0,000030	0,060	0,188	0,629
STkg	2,945	0,0038	-0,000027	0,046	0,283	0,701
DPV	8,667	0,5760	-0,014490	0,417	17,933	0,018
BPV	0,233	0,0036	-0,000161	0,290	0,382	0,077
DCC	-4,64E-14	0,0147	-0,000216	0,054	0,540	0,659
BCC	-0,0002	0,0004	-0,000004	0,087	0,010	0,504

Para Pkg, DPV y BPV los modelos fueron significativos al 10%. Tomando en cuenta los mayores R^2 para cada variable, en todas se ajusto un modelo cuadrático salvo para el caso de la Pkg, el cual fue lineal.

4.3.2. Urea lenta

Cuadro N° 19: Funciones de respuestas de las diferentes variables de producción animal.

Variable	β_0	β_1	B_2	R2	Sxy	Pr > F
Leche	23,975	-0,0304	0,000567	0,041	2,032	0,730
LCG	23,863	-0,0165	0,000191	0,005	2,320	0,967
LCE	25,123	-0,0159	0,000220	0,003	2,306	0,975
P	2,885	0,0021	-0,000028	0,011	0,168	0,922
G	3,958	0,0045	-0,000110	0,117	0,308	0,393
L	4,753	0,0062	-0,000097	0,123	0,158	0,372
SNG	8,333	0,0087	-0,000131	0,071	0,284	0,574
ST	12,292	0,0131	-0,000241	0,131	0,449	0,349
Pkg	0,689	-0,0003	0,000009	0,038	0,055	0,745
Gkg	0,952	-0,0003	-0,000002	0,016	0,109	0,886
Lkg	1,138	0,0001	0,000004	0,012	0,095	0,917
SNGkg	1,993	-0,0004	0,000015	0,021	0,157	0,851
STkg	2,945	-0,0006	0,000013	0,002	0,249	0,986
DPV	8,667	0,0466	-0,001370	0,007	18,963	0,946
BPV	0,233	-0,0122	0,000150	0,107	0,312	0,428
DCC	-9,75E-15	0,00368	-0,000036	0,014	0,357	0,898
BCC	-0,0002	0,00019	-0,000002	0,091	0,007	0,488

Para esta fuente no se encontraron modelos significativos al 10%. Tomando en cuenta los mayores R^2 para cada variable, en todas se ajusto un modelo cuadrático.

4.3.3. Urea rápida

Cuadro N° 20: Funciones de respuestas de las diferentes variables de producción animal.

Variable	β_0	β_1	β_2	R2	Sxy	Pr > F
Leche	23,975	-0,0336	0,000526	0,015	2,642	0,896
LCG	23,863	-0,0187	0,000345	0,009	2,591	0,932
LCE	25,123	-0,0124	0,000267	0,008	2,583	0,939
P	2,885	0,0065	-0,000087	0,072	0,197	0,573
G	3,958	0,0057	-0,000067	0,020	0,377	0,863
L	4,753	0,0040	-0,000044	0,093	0,122	0,482
SNG	8,333	0,0104	-0,000130	0,129	0,239	0,355
ST	12,292	0,0162	-0,000197	0,069	0,530	0,584
Pkg	0,689	0,0004	-0,000003	0,013	0,062	0,906
Gkg	0,952	-0,0003	0,000009	0,007	0,116	0,950
Lkg	1,138	-0,0006	0,000015	0,014	0,120	0,900
SNGkg	1,993	-0,0005	0,000016	0,012	0,193	0,911
STkg	2,945	-0,0008	0,000025	0,012	0,289	0,917
DPV	8,667	0,3505	-0,007060	0,110	16,400	0,416
BPV	0,292	-0,0052		0,173	0,333	0,086
DCC	4,44E-12	0,01225	-0,000144	0,1022	0,3375	0,4455
BCC	-0,0002	0,00017	-0,000002	0,1149	0,0065	0,4003

Para esta fuente no se encontraron modelos significativos al 10%. Tomando en cuenta los mayores R^2 para cada variable, en todas se ajusto un modelo cuadrático, salvo para el caso de la BPV, el cual fue lineal.

Figura N° 4: Respuesta en producción de leche según nivel y fuente de N.

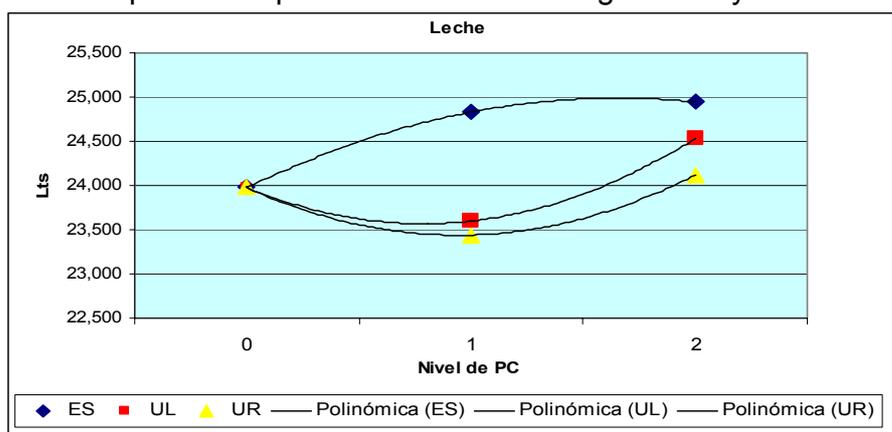


Figura N° 5: Respuesta en producción de LCG según nivel y fuente de N.

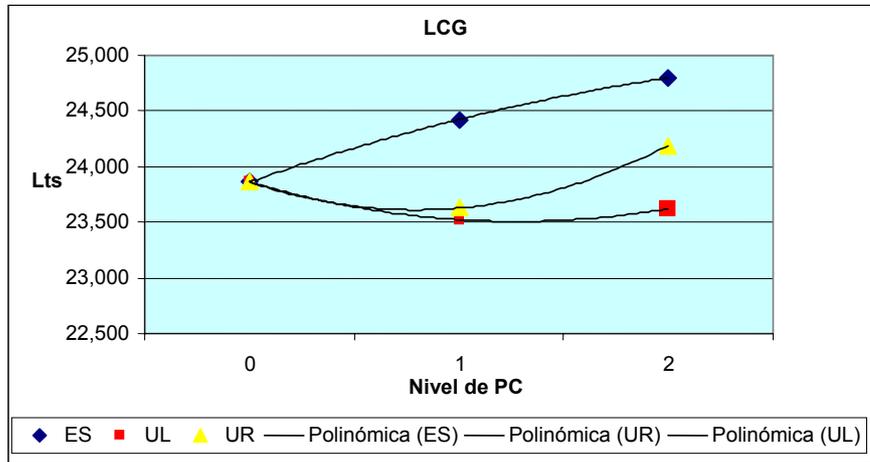
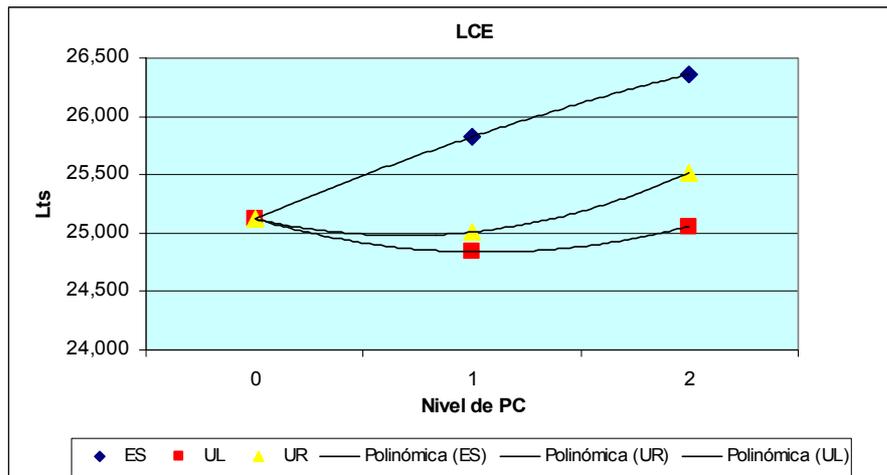


Figura N° 6: Respuesta en producción de LCE según nivel y fuente de N.



Como era esperable al aumentar el nivel de N en la dieta hay una tendencia a aumentar la producción de leche, así como una aparente interacción entre nivel y fuente, favorable al los tratamientos con expeller de soja como suplemento protéico.

A partir de esta tendencia se pueden distinguir dos tipos de respuesta; una la que tienen los tratamientos con proteína verdadera y la otra la que tiene los tratamientos con NNP como fuente de PC. Para el caso de los tratamientos con expeller al aumentar los niveles de N, aumentan los litros de leche con aumentos decrecientes. Para el caso del NNP la tendencia es distinta; al pasar

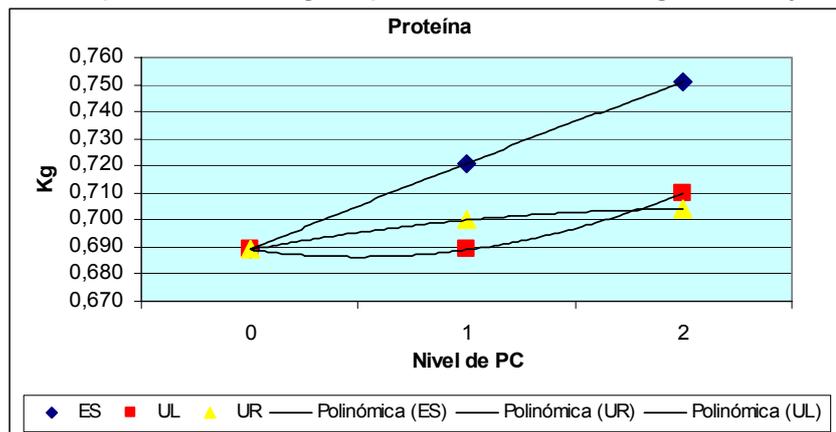
del nivel 0 al 1 no tiene respuesta y luego al pasar al nivel 2 se da aumentos crecientes en la producción de leche.

Es de suponerse que una de las posibles razones por las que no hay respuesta al aumentar al nivel 1 es que el rumen esta por debajo de mantenimiento. Por las necesidades del rumen al aumentar el nitrógeno este es utilizado para otras funciones y no a la producción. La tendencia indica que hay una respuesta cuándo se pasa al nivel 2 y aparentemente hay una respuesta a seguir aumentando.

En cuanto al expeller se da una respuesta inmediata al aumentar de nivel, debido a que se esta suministrando una fuente protéica junto con una energética de manera sincronizada, esto estaría mejorando la eficiencia de uso del N y la energía.

Estas tendencias muestran que es probable que a dosis mayores de N exista un incremento en la respuesta a la producción de leche, principalmente en los tratamientos con NNP. La utilización de urea para esto seria riesgoso, ya que el aumento repentino de la concentración de amoníaco en el rumen puede tener consecuencias fatales para el animal. No así con el uso de Optigen ya que esta urea cubierta con un polímero biodegradable tiene la característica de liberarse paulatinamente, lo cual disminuye los riesgos de intoxicación a niveles elevados.

Figura N° 7: Respuesta a los Kg de proteína en leche según nivel y fuente de N.



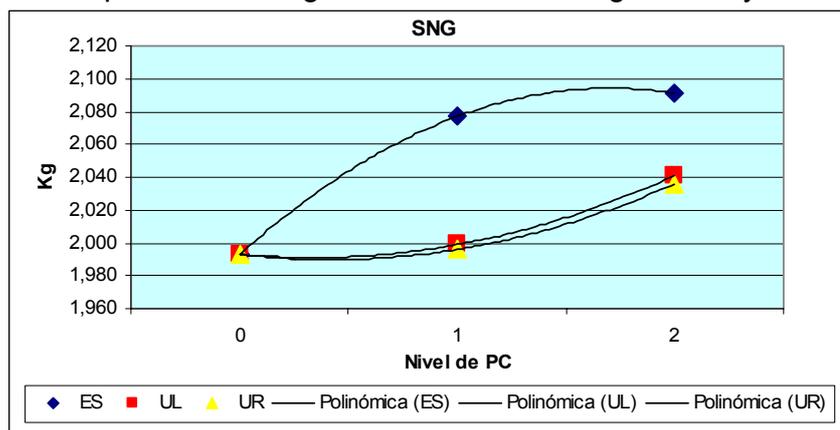
Como en el caso de la producción de leche el rendimiento en proteína muestra la misma tendencia, observándose de la misma manera una interacción entre nivel y fuente de N.

A partir de la grafica se puede distinguir una marcada diferencia entre fuentes de N, donde los tratamientos con expeller a nivel 1 ya superan a los tratamientos con NNP como fuente de PC. Esta diferencia esta dado por la mejor sincronización por parte del expeller antes mencionado.

Otra razon por lo que el expeller de soja incrementa los niveles de proteína en leche, es la calidad de la proteína ya que tiene un buen perfil de aminoácidos, sobretodo un adecuado aporte de leusina (Polan, 1992).

La gráfica muestra que es probable que a dosis mayores de N exista un incremento en la respuesta en los Kg de proteína, principalmente en los tratamientos con expeller y Optigen. Puede observarse también que a niveles mayores el Optigen tiende a mostrar una mayor respuesta que el expeller.

Figura N° 8: Respuesta a los Kg de SNG en leche según nivel y fuente de N.



El rendimiento de solidos no grasos va acompañando la respuesta en producción de leche. Siento este parametro de mucha relevancia dado el interés que tiene para la industria.

A su vez esta respuesta esta determinado por el rendimiento de proteína como se vió anteriormente y al aumeto de la lactosa. Este aumento de lactosa se da por un mejor uso de la glucosa al aumentar los niveles de N (Sutton, 1989).

4.4. EFICIENCIAS BRUTAS

En el siguiente cuadro se presentan las eficiencias brutas de conversión de la energía neta de lactación para Kg DPV, LCE y LCG.

Cuadro N° 21: Eficiencias brutas

	ES1	ES2	Testigo	UL1	UL2	UR1	UR2
KgDPV/ENL Mcal	0,438	-0,722	0,327	0,331	0,205	0,471	-0,006
LCE/ENL Mcal	0,973	1,004	0,947	0,948	0,935	0,948	0,951
LCG/ENL Mcal	0,930	0,935	0,899	0,898	0,881	0,896	0,901

De los datos, se observa que los tratamientos suplementados con expeller tienden a hacer un uso más eficiente de la energía. El tratamiento ES2 es 6% más eficiente en el uso de la energía para la producción de LCE que el Testigo.

El tratamiento ES2 dio una eficiencia mayor a 1, debido a que la energía en leche es superior a la consumida. Esto puede estar dado porque parte de la energía de las reservas corporales son utilizadas para la producción de leche; esto se ve reflejado en la disminución del peso vivo.

Por otra parte se ve que al pasar del nivel 1 al nivel 2 de N, para cada fuente, en general existe una menor eficiencia en el uso de la energía para el aumento de peso y una mayor eficiencia para la producción de leche. Esto puede estar dado por un redireccionamiento de la energía para la producción de leche al aumentar la concentración de proteína en la dieta.

Según García (s.f.) siempre que los carbohidratos fermentables del alimento no limiten la energía disponible para un adecuado crecimiento microbiano, la inclusión de proteína by pass aumentará la eficiencia de producción de leche. Esto se debe a que la glucosa es redirigida del metabolismo de mantenimiento hacia la glándula mamaria donde es precursor para la síntesis de lactosa.

4.5. COMPARACIÓN DE DIETAS CON NRC

Para evaluar la dieta suministrada, se utilizó el modelo NRC para predecir los requerimientos. Para esto se utilizó la planilla de cálculo “Lecheras” donde se incluyó los alimentos y calidades de estos consumidos por cada tratamiento en promedio y los promedios de producción, composición de leche y peso vivo. A continuación se presenta los cuadros comparativos entre lo que predijo el modelo y lo que se obtuvo experimentalmente.

Cuadro N° 22: Composición de la dieta consumida

	Testigo	UR2	UL2	UL1	ES2	UR1	ES1
MS	17,59	17,80	17,80	16,67	17,74	17,74	17,88
PC	2,63	2,96	3,05	2,74	2,93	2,83	2,81
ENL	26,54	26,83	26,81	26,19	26,29	26,38	26,52

Dada la buena calidad de los alimentos suministrados, en especial la pastura, el consumo de proteína fue superior a lo esperado. El tratamiento testigo logró consumir una dieta con 14% de PC, lo cual según (Satter y Roffler, 1975), es suficiente para lograr altos niveles productivos, no encontrándose respuestas al aumento de PC, en producción de leche.

Cuadro N° 23: Comparación de la dieta consumida con los requerimientos predichos por NRC

	UR1		ES1		UL2		UL1		UR2		Testigo		ES2	
	Req/día	% req												
MS	18,02	98,50	18,88	94,69	18,98	93,81	18,95	87,98	19,13	93,02	18,05	97,45	19,17	92,52
PC	2,50	112,73	2,59	108,04	2,58	118,54	2,42	112,58	2,54	116,24	2,52	104,41	2,60	112,63
ENL	27,05	98,27	28,28	94,37	28,16	94,14	28,02	92,86	28,42	95,06	27,18	97,36	28,68	91,44

El modelo predijo que la PC es suficiente para lo que produjeron los tratamientos en todos los casos, y la energía estaría entre un 2 y un 9 por ciento por debajo de lo requerido según el modelo.

Debido a que las dietas consumidas por los diferentes tratamientos no presentaron deficiencias de PC, como predicen las tablas de NRC, es posible que la respuesta hubiera sido mayor a un aumento en la energía, ya que esta siempre estuvo por debajo de los requerimientos. Es de destacar que de todas maneras hay una tendencia a aumentar la producción al aumentar la proteína en dieta y más aun cuando se utiliza una fuente de proteína que aporta energía y N simultáneamente.

5. CONCLUSIONES

Debido a la calidad de la dieta base, la cantidad de PC consumida no fue limitante, por lo tanto no se encontraron diferencias significativas para la mayoría de las variables analizadas. Sin embargo los resultados muestran tendencias que indican una posible respuesta al aumento en el nivel de suplementación proteica y en el uso de diferentes fuentes.

Debido a que las dietas consumidas por los diferentes tratamientos no presentaron deficiencias de PC, es posible que la respuesta hubiera sido mayor a un aumento en la energía, ya que esta siempre estuvo por debajo de los requerimientos.

Existe una interacción entre fuente y nivel, donde se vio que a niveles medios, comienza a aparecer respuesta diferencial por parte de la fuente con proteína verdadera.

Se observó en todos los casos que al utilizar una fuente de proteína verdadera, expeller de soja, se obtienen mejoras en la producción de leche, mayor rendimiento de proteína y SNG, sin deprimir la grasa.

Se encontraron diferencias significativas en los Kg de P con los cambios de nivel y fuente en la suplementación proteica. Por un lado el tratamiento ES2 es el que produjo mayor Kg de P. Este fue significativamente mayor que los tratamientos UL1, UR1, mientras que ES1, UL2 y UR2 son intermedios.

La oferta y fuente de nitrógeno mostró tendencias productivas distintas. Para el caso de dietas con NNP no hay respuestas en la producción de leche a niveles bajos de suplementación, mientras que con el uso de expeller de soja la respuesta es inmediata.

Existen tendencias que muestran que es probable que a dosis mayores de N exista un incremento en la respuesta a la producción de leche, principalmente en los tratamientos con NNP. Esto sería posible con el uso de Optigen ya que disminuye sensiblemente los riesgos de intoxicación a niveles elevados. Las tendencias también muestran que es probable que a dosis mayores de N exista un incremento en la respuesta en Kg de proteína, principalmente en los tratamientos con Optigen y expeller de soja.

6. RESUMEN

Se realizó este trabajo para evaluar el efecto de 3 fuentes de proteína cruda siendo las mismas, una fuente de nitrógeno no proteico (NNP) de alta solubilidad (UR), una fuente de NNP de solubilidad lenta (UL) y una fuente de nitrógeno en base proteína verdadera (PV) ofrecidas en tres niveles de suministro, sobre una dieta base común a todos los animales, compuesta por Ensilaje de Grano Húmedo de Maíz (EGHM), ofrecido a razón de 5 kg/v/d base fresca, una asignación diaria igual de praderas pluri anuales mezcla de gramíneas y leguminosas bajo pastoreo directo y ensilaje de maíz de planta entera ofrecido a razón de 30 Kg BF/vaca/día en comederos colectivos por tratamiento de nivel y fuente de nitrógeno, en términos de producción de leche, composición de la leche, variación de peso y condición corporal, de vacas lecheras en lactancia media. Se utilizaron 42 vacas Holando, las cuales fueron bloqueadas por nivel de producción de leche previo al inicio del ensayo, número de lactancias y días posparto. El ensayo constó de 7 tratamientos con 6 repeticiones, dos tratamientos con Urea Lenta (0,168 y 0,084 kg/vaca/día), dos tratamientos con Expeller de Soja (1,1 y 0,45 Kg/vaca/día), dos tratamientos con Urea (0,15 y 0,075 Kg/vaca/día) y el Testigo. A todos los tratamientos se les ofreció 10 Kg MS/vaca/día de pastura mezcla de gramíneas y leguminosas; 180 Kg BF de silo de maíz planta entera por tratamiento por día y 6 Kg BF/vaca/día de grano húmedo de maíz. Se ajustaron los kg de grano húmedo en los tratamientos con expeller de soja, para que las dietas fuesen isoenergéticas. La cantidad de PC consumida no fue limitante, por lo tanto no se encontraron diferencias significativas para la mayoría de las variables analizadas. Sin embargo los resultados muestran tendencias que indican una posible respuesta al aumento en el nivel de suplementación proteica y en el uso de diferentes fuentes. En el caso de los Kg de P, si existieron diferencias significativas, dado a los cambios de nivel y fuente en la suplementación proteica. Por un lado el tratamiento ES2 es el que produjo mayor Kg de P. Este fue significativamente mayor que los tratamientos UL1, UR1, los cuales consumieron como fuente proteica NNP, y el Testigo. Mientras que ES1, UL2 y UR2 son intermedios. A partir de las tendencias se pueden distinguir dos tipos de respuesta en la producción del leche; una la que tienen los tratamientos con proteína verdadera y la otra la que tiene los tratamientos con NNP como fuente de PC.. Para el caso de los tratamientos con expeller al aumentar los niveles de N, aumentan los litros de leche con aumentos decrecientes. Para el caso del NNP la tendencia es distinta; al pasar del nivel 0 al 1 no tiene respuesta y luego al pasar al nivel 2 se da aumentos crecientes en la producción de leche. En el caso del rendimiento de sólidos no grasos, también se ve una superioridad en el uso de una fuente proteína verdadera; lo cual va acompañando la respuesta en producción de leche. Por otro lado estas tendencias muestran que es probable

que a dosis mayores de N exista un incremento en la respuesta a la producción de leche, principalmente en los tratamientos con NNP.

Palabras clave: ensilaje grano húmedo de maíz; suplementación en vacas lecheras; optigen; urea; expeller de soja; proteína.

7. SUMMARY

A feeding trial involving 42 dairy cows was carried out at INIA's Dairy Research Unit, at La Estanzuela, to evaluate the effect of 3 sources of dietary crude protein, Urea (NR), Optigen (NL, a slow release NPN source), and Soybean Meal (PV) a true protein source, and 3 levels of inclusion for each source 0, (0), 0,034 (1) and 0,068 g (2) of N x cow⁻¹ day⁻¹, in terms of milk and milk solids content and yield (protein, fat, lactose and non fat milk solids), body weight and body condition score change. The basal diet common to all treatments, was composed by the daily offering of 10 kg DM x cow⁻¹ x day⁻¹ of a mixed pasture of grasses and legumes under direct grazing, plus 25 kg of corn silage and 5 kg of high moisture corn grain per cow per day on as fed basis, There were 7 treatments (0, NR1, NR2, NL1, NL2, PV1 and PV2) and 6 mid lactation cows per treatment under evaluation. Average milk yield (24,2 l cow⁻¹ d⁻¹) 4% fat corrected milk yield (24,0 l cow⁻¹ d⁻¹) and energy corrected milk (25,4 l cow⁻¹ d⁻¹) was not different for any treatment (P<= 0,05). Fat content resulted different between NL2 (3,76%) and NR1 (4,08%), no difference among treatments was found for protein content (average 2,94%), lactose content resulted not different among UR1 (4,84%), UR2 (4,82%) and UL1 (4,85%) but higher than PV2 (4,68%). Non fat solids resulted different between NR1 (8,54%) and NL2 (8,32%). Body weight and body condition score change resulted not different among treatments. Polynomial regressions for each source of N were tested in order to describe the response pattern for milk yield and milk solids content and yield, but there were no significant models for any variable tested. Experimental diets resulted in iso caloric and only marginal N limited diets so responses to N supplementation were marginal.

Keywords: wet corn grain in silage; supplementation milky cows; optigen; urea; soybean expeller; protein.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ACOSTA, Y.M. 1991. Utilización de ensilajes, concentrados y pasturas para la producción de leche. In: Restaino, E.; Indarte, E. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería intensiva. Montevideo, INIA. pp. 157-166 (Serie Técnica no. 15).
2. _____. ; DELUCCHI, M.I.; MIERES, J.M.; LA MANA, A. 2002. Calidad de leche; alimentación y rendimiento de sólidos. In: Jornada de Lechería (2002, La Estanzuela, Colonia). Montevideo, INIA. pp. 46-57 (Actividades de Difusión no. 287).
3. _____. 2004a. III. Estimadores del valor nutritivo para producción de leche. In: Mieres, J. M. ed. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 69-78 (Serie Técnica no. 142).
4. _____. 2004b. Sólidos en leche; efectos de las variables de alimentación Holando. Anuario 2004: 25-29.
5. ANNISON, E.F. 1983. Metabolite utilization by the ruminants mammary gland. In: Biochemistry of lactation. Amsterdam, Elsevier. s.p.
6. ARAQUE, C. 2001. El uso de la urea en la alimentación de rumiantes. (en línea). s.l., FONAIAP. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Táchira. s.p. Consultado 8 jun. 2006. Disponible en <http://www.produccionbovina.com>.
7. ARNOLD, G.W. 1970. Regulation of food intake in grazing ruminants. In: Internacional Symposium Phisiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant (3o., 1970, s.l.). Proceedings. s.n.t. s.p.
8. _____. 1981. Grazing behaviour. In: Morley, F. H. W. ed. Grazing animal. Amsterdam, Elsevier. pp. 79-104 (World Animal Science).
9. ASTIBIA, O.R.; CANGIANO, C.A.; COCIMANO, M.R.; SANTINI, F.J. 1982. Nitrogen utilization by the rumiant. Balcarce, Argentina, INTA. EERA. Balcarce/Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Agrarias. s.p.

10. BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M. D. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*. 88(E. Suppl.): E9-E21.
11. BARGO, F. s.f. Suplementación en pastoreo; conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo. s.n.t. pp. 1-21.
12. BARTESAGHI, M.T.; FERRES, A. 1996. Efecto de la presión de pastoreo, el nivel de suplementación con concentrados y el tipo de ensilaje 2. Producción y composición de leche, variación de peso y condición corporal de vacas lecheras de parición de otoño. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de agronomía. 110 p.
13. BATH, D.L.; DIKINSON, I.N.; TUKER, H.A.; APPLEMAN, R.D. 1982. Ganado lechero; principios, prácticas, problemas y beneficios. 2ª ed. México, Interamericana. 541 p.
14. BEEVER, D.E.; TERRY, R.A.; CAMMELL, S.B.; WALLACE, A.S. 1978. The digestion of spring and autumn harvested perennial rye grass by sheep. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 90: 463 .
15. BEN-GHEDALIA, D.; TRAGARY, H. 1976. The ileum as site of protein digestion. *British Journal Nutrition*. 36: 211-217.
16. BINES, J.A. 1976. Regulation of food intake in dairy cows in relation to milk production. *Livestock Production Science*. 3: 115-128.
17. BROSTER, W.H. 1972a. The effect of milk yield of the cow of level of feeding before calving. *Dairy Science Abstract*. 33: 253.
18. _____. 1972b. Effect on milk yield of cow of the feeding during lactation. *Dairy Science Abstract*. 34: 265.
19. BRYANT, A.M.; DONNELLY, P.E. 1974. Yield and composition of milk from cows feed pasture herbage supplemented with maize and pasture silage. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 17: 299-301.
20. BULL, L.S.; CLEALE, R.M. 1981. Relationships between energy and protein in the ruminant. *Proceeding Distillers Feed Conference*. 36: 30-39.

21. CARPENTER, K.J.; BOOTH, V.H. 1973. Damage to lysine in food processing; it's measurement and significance. Nutrition Abstract Review. 43: 424-451.
22. CASTLE, M.E.; WATSON, J.N.; LEAVER, T.D. 1979. A comparison between barley and groundnut as supplements for dairy cows at pasture. Grass and Forage Science. 34: 197-201.
23. CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. 1992. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. In Symposium Nitrogen Metabolism and Amino Acid Nutrition in Dairy Cattle. Journal of Dairy Science. 75(8): 2304-2323.
24. CONRAD, H.R. 1966. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants; physiological and physical factors limiting feed intake. Journal of Dairy Science. 47: 54.
25. CHALKLIING, D.; BRASESCO, R. 2003. Ensilaje de grano húmedo; una alternativa promisorio. Proyecto de Investigación Aplicada en Silo de Grano Húmedo. (en línea). Montevideo, Planagro. Consultado 9 jun. 2007. Disponible en <http://www.produccionbovina.com>.
26. CHALUPA, W.; SNIFFEN, C.J. 1991. Protein and aminoacids nutrition of lactating dairy cattle. The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice. 7: 353-372.
27. CHURCH, D.C. 1988. The ruminants animals; digestive, physiology and nutrition. New Jersey, Prentice Hall. s.p.
28. DALMAS, C. A.; GONZALEZ, M. A.; ROSTAGNOL, A. L. 2005. Ensilaje de grano húmedo de maíz, sorgo y trigo como suplemento concentrado para producción de leche y sólidos lácteos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 117 p.
29. DAVIS, C.L. 1993. Alimentación de la vaca lechera alta productora. Dundee, Illinois, Milk Specialties Company. 60 p.
30. DE LEÓN, M.; SIMONDI, J.M. 2002. Suplementación proteica en la alimentación con silajes. Marca Líquida Agropecuaria. 12(109): 33-34.

31. DE LUCA, L. J. 2002. Urea; su utilización en rumiantes. (en línea). s.l., Laboratorios Burneo. Consultado 8 jun. 2007 Disponible en <http://www.produccionbovina.com>.
32. ELIZALDE, J.C. 1990. Suplementación con silo de maíz en vacunos en pastoreo de avena, ambiente ruminal y dinámica de la digestión. Tesis de Magíster Science. s.l., UNMDP. s.p.
33. FERGUSON, J.D. 2005. Nitrógeno de urea en leche. (en línea). s.n.t. Consultado 8 jun. 2007 Disponible en <http://www.produccionbovina.com>
34. FLORES, J.F.; STOBBS, T.M.; MINSON, D.J. 1979. The influence of the legume leucaena lupocoplala and composition of milk from frozing cows. *Journal of Agricultural Science*. 92: 351.
35. FIRKINS, J.L.; HRISTOV, A.N.; HALL, M.B.; VARGA, G.A.; ST-PIERRE, N.R. 2006. Integration of ruminal metabolism in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 89(E. Suppl.): E31 – E51.
36. GAGLIOSTRO, G.A.; CANGIANO, C.; SANTINI, F. 1986. Suplementación de vacas lecheras en pastoreo; efecto del consumo de forraje y la producción de leche. In: Congreso Argentino de Producción Animal (12º., 1986). Resúmenes. *Revista Argentina de Producción Animal*. 6: 3-4.
37. GALLARDO, M. 1988. Lipomovilización en vacas lecheras en pastoreo. Efectos de distintos niveles de suplementación energética durante lactación temprana. Tesis de Magíster Science. s.l. UNMDP. s.p.
38. _____. 2001. Los nutrientes by-pass en los sistemas lecheros pastoriles: una moda o una necesidad? *Producir XX1*. 9(113): 34.
39. GARCIA, A. s.f. Influencia del tipo de grano y su procesamiento sobre el aprovechamiento digestivo de la vaca lechera. s.n.t. s.p.
40. GARRIZ, M.; LÓPEZ, A. 2002. Suplementación con nitrógeno no proteico en rumiantes. Monografía final del curso Nutrición en la Intensificación. (en línea). Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Veterinaria. Cátedra de Nutrición y Alimentación Animal. Consultado 8 jun. 2007. Disponible en <http://www.produccionbovina.com>

41. GAUDIN, I. N.; LLUBERAS, P. L.; MENDOZA, A. F. 2003. Efecto del contenido de deoxinivalenol (DON) y de un adsorbente comercial en el concentrado de vacas lecheras en lactancia temprana. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 183 p.
42. HUBER, J.T.; LIMIN KUNG, J.R. 1981. Protein and nonprotein nitrogen utilization in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 64: 1170-1195.
43. JENNINGS, P.G.; HOLMES, W. 1984. Supplementary feeding of dairy cows on continuously stocked pasture. *Journal of Agricultural Science*. 103: 161-170.
44. JOURNET, M.; REMOND, B. 1976. Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows; a review. *Livestock Production Science*. 3: 129-146.
45. LANGE, A. 1980. Suplementación de pasturas para la producción de carnes. 2ª ed. Buenos Aires, Argentina, Comisión Técnica Intercera de Producción de Carnes. 74 p.
46. LEAVER, J.D. 1986. Effects of supplements on herbage intake and performance. In: Frame, J. ed. *Grazing*. s.l., British Grassland Society. pp. 79-88 (Occasional Symposium no. 19).
47. LOERCH, S. 1998. Metabolismo proteico en ruminantes. (en línea). In: Conferencia Curso de Postgrado Sistema Intensivo de Producción de Carne (1998, University The Ohio State). Metabolismo proteico en ruminantes. s.n.t. Consultado 8 jun. 2007. Disponible en <http://www.produccion.com.ar>.
48. LOOSLI, J.K.; MCDONALD, I.W. 1969. Importancia y uso del nitrógeno no proteico y de la urea. El nitrógeno no proteico en la nutrición de los rumiantes. FAO. Estudios Agropecuarios. no. 75: 3-10.
49. LOSADA, H.R. 1983. The digestion nutrient supply of fresh perennial ryegrass and white clover feed to growing cattle. Ph. D. Thesis. s.l., Estados Unidos. University of Reading. s.p.
50. MAC MANEY, M. 2004. Silaje de maíz de planta entera. (en línea). *Producir XXI*. 12(156): 47-49. Consultado 8 jun. 2007. Disponible en <http://www.produccion.com.ar>.

51. MARICHAL, M. de J.; TRUJILLO, A. I. 2000. Curso teórico-práctico de Nutrición Animal. Montevideo, Facultad de Agronomía. 77 p.
52. MARTIN, G. O. 1998. Técnica; ensilado granos húmedos. (en línea). s.n.t. Consultado 8 jun. 2007. Disponible en <http://www.produccion.com.ar>.
53. MATTIAUDA, D.A.; FAVRE, E.; CHILIBROSTE, P. 1997. Suplementación energética de vacas lecheras en pastoreo con subproductos de la industria. In: Congreso Binacional de Producción Animal (1º.), Congreso Argentino de Producción Animal (21º.), Congreso Uruguayo de Producción Animal (2º., 1997, s.l.). Trabajos presentados. Revista Argentina de Producción Animal. 17(sup. 1): s.p.
54. MAYNARD, L. A. 1984. Nutrición animal. México, Mc Graw-Hill. s.p.
55. MERTENS, D.R. 1994. Regulation of forage intake. In: Fahey, G. C. ed. Forage quality, evaluation and utilization. Madison, WI, American Society of Agronomy. pp. 450-493.
56. MIERES, J. M. 1997. Tipo de suplementos y su efecto sobre el forraje. In: Vaz Martins, D. ed. Suplementación estratégica para el engorde de ganado. Montevideo, INIA. pp. 11-15 (Serie Técnica no. 83).
57. MINSON, D.J. 1990. Forage in ruminant nutrition. St. Lucia Queensland, Australia, Academic Press. 483 p.
58. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th. rev. ed. Washington, D. C., National Academy Press. s.p.
59. OBISPO, N. E. 2005. El uso de las fuentes de nitrógeno no proteico en rumiantes. (en línea). Revista Digital CENIAP HOY. no. 8: s.p. Consultado 8 jun. 2007. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar/www.produccionbovina.com>
60. OLDHAM, J. D.; SUTTON, J. D. 1983. Composición de la leche y la vaca de alta producción. In: Broster, W. H.; Swan, H. eds. Estrategias de alimentación para vacas lecheras de alta producción. México, AGT. pp. 84-108.

61. ORCASBERRO, R. 1991. Suplementación y performance de ovinos y vacunos alimentados con forraje. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 225-238 (Serie Técnica no. 13).
62. _____. 1992. Suplementación de vacas lecheras con concentrados. In: Jornada Regional de Lechería (1992, Paysandú). Paysandú, Centro Agronómico Regional Paysandú. s.p.
63. ORIHUELA, D. J. 2005. Comparación de ensilajes de grano húmedo de maíz y de una ración comercial mezcla para producción de leche, componentes sólidos de leche y variación de peso con vacas lecheras de lactancias media a pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 142 p.
64. OWENS, F.N.; ZINN, R.A. 1988. Protein metabolism of ruminant animals. In: Church, D. C. ed. The ruminants animal; digestive physiology and nutrition. New Jersey, Prentice Hall. pp. 227-249.
65. _____.; _____.; KIM, Y.K. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal of Animal Science*. 63: 1634-1648.
66. PETIT, H.V.; SANTOS, G.T.D. 1996. Milk yield and composition of dairy cows fed concentrate base don high moisture wheat or high moisture corn. *Journal of Dairy Science*. 79: 2292-2296.
67. PHELPS, A. 1990. Nitrógeno no proteico. *Agricultura de las Américas*. mar-abr: 11-17.
68. PHILLIPS, C.J.C. 1988. The use of conserved forage as a supplement for grazing dairy cows. *Grass and Forage Science*. 43: 215-230.
69. POLAN, C. E. 1992. Protein and amino acids for lactating cows. In: Van Horn, H. H.; Wilcox, C.J. eds. Large dairy herd management. s.l., American Dairy Science Association. pp. 236 – 247.
70. REARTE, D. H.; GACIARENA, D. A.; SANTINI, F. J. U. 1990. Suplementación con sales insolubles de calcio a vacas en pastoreo; efectos sobre la producción y composición de la leche. Informe Anual Departamento Producción Animal. Balcarce, EEA INTA. s.p.

71. _____. 1992. Alimentación y composición de la leche en los sistemas pastoriles. Balcarce, Argentina, Centro Regional Buenos Aires Sur (CERBAS)/INTA. 94 p.
72. ROGERS, G.L.; PORTER, R.H.D.; CKARKE, T.; STWART, J.A. 1980. Effect of protected casein supplements on pasture intake, milk yield and composition of cow in early lactation. *Australia Journal of Agricultural Research*. 31: 1147.
73. ROMERO, L.A. 2004. Silaje de maíz. *In*: La Nación/INTA/CACF/CREA/CIAAS. Calidad en forrajes conservados. Rafaela, INTA. pp. 31-33.
74. ROOK, J.A.F.; THOMAS, P.C. 1985. Ensilaje para la producción de leche. s.l., NIRD. 176 p.
75. SANDHOLM, M.R. 1976. Determination of antitrypsin activity on agar plates; relationship between antitrypsin and biological value of soybean for trout. *Journal of Nutrition*. 106: 761-766.
76. SANTINI, F.J.; RUIZ, E.G. 1985. Efecto de la suplementación energética sobre la dinámica de la digestión ruminal de la pared celular en novillos en pastoreo. *Resumen Anual de Actividades*. Departamento Producción Animal. Balcarce, INTA. s.p.
77. SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B.; HUBER, J.T. 1998. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance. *Nutrition, feeding, and calves*. s.l., University of Arizona. Department of Animal Sciences. pp. 3182 – 3213.
78. SATTER, L.D.; ROFFLER, R.E. 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*: 589-1219.
79. STERN, M.D.; ENDRES, M.I.; CALSAMIGLIA, S. 1993. Protein concepts in ruminant nutrition. *In*: Minnesota Nutrition Conference and National Renderers Technical Symposium (54 th., 1993, Minnesota). Proceedings. Bloomington, Minnesota, Extension Service. pp. 97-125.
80. SUTTON, J.D.; OLDHAM, J.D.; HERT, I.C. 1980. Products of digestion, hormonal and energy utilization in milking cows given concentrates containing varying proportions of barley or maize. *In*: Mount, L.E. ed. *Energy metabolism*. London, Butterworth. pp. 303-306.

81. THOMSON, D.J.; BEEVER, D.E.; HAIMES, M.J.; CAMMELL, S.B.; EVANS, R.T.; DHANOA, M.S.; AUSTIN, A.R. 1985. Yield and composition of milk from Friesian cows grazing either perennial ryegrass or white clover in early lactation. *Journal of Dairy Research*. 52: 1731.
82. VALK, H.; POELHUIS, H.K.; WENTINK, H.J. 1990. Effect of fibrous and starchy carbohydrates in concentrates as supplements in herbage-based diet for high-yielding dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 38: 475-486.
83. VAN ES, A.D.H.; VAN DER HONING, Y. 1983. Utilización de la energía. In: Broster, W. H.; Swan, H. eds. *Estrategias de alimentación para vacas lecheras de alta producción*. México, AGT. pp. 52-68.
84. VAN SOEST, P.J. 1965. Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal Science*. 24(3): 834.
85. _____. 1975. Physico-chemical aspect of fibre digestion. In: McDonald, W.; Warner, A. C. I. eds. *Digestion and metabolism in the ruminant*. s.n.t. s.p.
86. VAN VUUREN, A.M.; VAN DER KOELEN, C.J.; VROONS-DE BRUIN, J. 1986. Influence of level and composition of concentrate supplements on rumen fermentation patterns of grazing dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 34: 457-467.
87. VISSER, H. 1984. Krachtvoer voor hoogproductief melkvee runtsoenen met snijmais. *Bedrijf Fsontwikkeling*. 15: 383-389.
88. WATTIAUX, M.A. s.f. Nutrición y alimentación. In: *Guía técnica lechera*. s.l., Universidad de Wisconsin. Instituto Babcock. pp. 45-74.
89. YOUSEF, I.M.; HUBER, J.T.; EMERY, R.S. 1970. Milk protein synthesis as affected by high-grain, low-fiber rations. *Journal Dairy Science*. 53: 734.

9. ANEXOS

Anexo. Resumen de los resultados de producción de leche, peso vivo y CC por tratamiento para todo el periodo experimental.

Tratamiento=ES1					
Variable	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
Leche	6	24.830	3.036	22.180	29.570
ECM	6	25.825	2.747	23.026	30.233
LCG	6	24.424	2.733	21.481	28.816
P	6	2.917	0.152	2.740	3.090
G	6	3.898	0.142	3.760	4.120
L	6	4.762	0.114	4.670	4.980
SNG	6	8.377	0.137	8.210	8.560
ST	6	12.275	0.257	11.970	12.680
Gkg	6	0.966	0.103	0.841	1.133
Pkg	6	0.721	0.065	0.653	0.819
Lkg	6	1.182	0.142	1.040	1.405
SNGkg	6	2.077	0.221	1.874	2.431
STkg	6	3.043	0.322	2.715	3.563
DVP	6	11.500	21.173	-24.000	30.000
DCC	6	0.250	0.689	-0.500	1.000
BVP	6	0.168	0.465	-0.634	0.654
BCC	6	0.007	0.012	-0.007	0.021

Tratamiento=ES2					
Variable	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
Leche	6	24.945	2.076	23.260	28.760
ECM	6	26.362	1.514	24.852	28.726
LCG	6	24.799	1.409	23.092	26.905
P	6	3.015	0.085	2.910	3.140
G	6	3.975	0.276	3.570	4.410
L	6	4.680	0.157	4.510	4.850
SNG	6	8.392	0.188	8.130	8.620
ST	6	12.367	0.334	11.700	12.630
Gkg	6	0.988	0.052	0.909	1.039
Pkg	6	0.751	0.054	0.693	0.837
Lkg	6	1.166	0.083	1.049	1.300
SNGkg	6	2.091	0.147	1.912	2.338
STkg	6	3.079	0.172	2.938	3.365
DVP	6	-19.167	10.088	-35.000	-5.000
DCC	6	0.000	0.447	-0.500	0.500
BVP	6	-0.269	0.211	-0.576	-0.014
BCC	6	0.004	0.011	-0.008	0.018

Tratamiento=Test					
Variable	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
Leche	6	23.975	2.753	20.640	27.240
ECM	6	25.123	3.158	20.408	28.984
LCG	6	23.863	3.245	18.999	27.608
P	6	2.885	0.175	2.680	3.130
G	6	3.958	0.301	3.470	4.320
L	6	4.753	0.152	4.490	4.910
SNG	6	8.333	0.272	7.880	8.560
ST	6	12.292	0.368	11.900	12.820
Gkg	6	0.952	0.148	0.716	1.114
Pkg	6	0.689	0.060	0.609	0.785
Lkg	6	1.138	0.114	1.013	1.305
SNGkg	6	1.993	0.187	1.767	2.280
STkg	6	2.945	0.326	2.483	3.394
DVP	6	8.667	20.363	-15.000	35.000
DCC	6	0.000	0.447	-0.500	0.500
BVP	6	0.233	0.421	-0.253	0.895
BCC	6	-0.000	0.008	-0.011	0.012

Tratamiento=UL1					
Variable	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
Leche	6	23.598	1.130	22.240	24.920
ECM	6	24.837	1.471	23.282	26.476
LCG	6	23.523	1.534	21.912	25.294
P	6	2.923	0.112	2.840	3.140
G	6	3.983	0.409	3.540	4.720
L	6	4.852	0.124	4.710	5.070
SNG	6	8.477	0.178	8.270	8.700
ST	6	12.460	0.507	11.840	13.380
Gkg	6	0.939	0.091	0.844	1.050
Pkg	6	0.689	0.023	0.664	0.721
Lkg	6	1.144	0.045	1.074	1.208
SNGkg	6	1.999	0.068	1.926	2.102
STkg	6	2.938	0.129	2.824	3.091
DVP	6	8.667	20.801	-20.000	42.000
DCC	6	0.083	0.204	0.000	0.500
BVP	6	-0.008	0.186	-0.281	0.268
BCC	6	0.004	0.005	-0.001	0.013

Tratamiento=UL2					
Variable	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
Leche	6	24.533	1.880	21.300	26.440
ECM	6	25.059	1.955	22.612	27.216
LCG	6	23.623	1.808	21.172	25.726
P	6	2.897	0.205	2.520	3.080
G	6	3.755	0.163	3.510	3.960
L	6	4.725	0.192	4.360	4.900
SNG	6	8.317	0.369	7.580	8.580
ST	6	12.072	0.460	11.200	12.540
Gkg	6	0.921	0.075	0.843	1.010
Pkg	6	0.710	0.070	0.597	0.783
Lkg	6	1.160	0.109	1.022	1.277
SNGkg	6	2.041	0.185	1.795	2.215
STkg	6	2.961	0.252	2.652	3.220
DVP	6	5.500	15.215	-10.000	33.000
DCC	6	0.083	0.376	-0.500	0.500
BVP	6	0.099	0.284	-0.255	0.541
BCC	6	0.004	0.006	-0.003	0.012

Tratamiento=UR1					
Variable	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
Leche	6	23.440	2.488	20.610	26.770
ECM	6	25.010	21.668	28.064	2.127
LCG	6	23.628	2.142	20.396	26.794
P	6	3.005	0.286	2.760	3.560
G	6	4.075	0.474	3.510	4.720
L	6	4.837	0.126	4.670	5.000
SNG	6	8.538	0.299	8.130	8.980
ST	6	12.613	0.753	11.640	13.700
Gkg	6	0.950	0.101	0.785	1.091
Pkg	6	0.700	0.050	0.619	0.751
Lkg	6	1.133	0.111	0.975	1.255
SNGkg	6	1.996	0.158	1.815	2.186
STkg	6	2.946	0.234	2.600	3.277
DVP	6	12.417	16.126	-15.000	30.000
DCC	6	0.250	0.274	0.000	0.500
BVP	6	0.235	0.284	-0.159	0.572
BCC	6	0.004	0.006	-0.005	0.012

Tratamiento=UR2					
Variable	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
Leche	6	24.120	2.678	20.590	27.690
ECM	6	25.514	2.350	22.474	28.534
LCG	6	24.190	2.242	21.300	27.212
P	6	2.923	0.064	2.830	3.010
G	6	4.037	0.334	3.610	4.380
L	6	4.818	0.077	4.720	4.930
SNG	6	8.443	0.085	8.330	8.540
ST	6	12.480	0.377	11.960	12.920
Gkg	6	0.969	0.092	0.857	1.100
Pkg	6	0.705	0.074	0.620	0.817
Lkg	6	1.163	0.134	0.986	1.326
SNGkg	6	2.036	0.227	1.748	2.340
STkg	6	3.006	0.298	2.619	3.376
DVP	6	-0.167	11.496	-20.000	16.000
DCC	6	0.167	0.258	0.000	0.500
BVP	6	-0.119	0.267	-0.438	0.369
BCC	6	0.005	0.005	-0.001	0.012

Anexo. Resumen de ANOVAS generales de los resultados de producción de leche, peso vivo y CC para todo el periodo experimental.

Variable dependiente: Leche

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	123.2413469	11.2037588	3.93	0.0014
Error	30	85.5246648	2.8508222		
Total	41	208.7660117			
		R2	C.V.		
		0.590332	6.975314		

Variable dependiente: LCG

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	104.4943880	9.4994898	3.58	0.0027
Error	30	79.6731434	2.6557714		
Total	41	184.1675313			
		R2	C.V.		
		0.567388	6.788276		

Variable dependiente: LCE

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	106.3371504	9.6670137	3.47	0.0033
Error	30	83.6547872	2.7884929		
Total	41	189.9919376			
		R2	C.V.		
		0.559693	6.576574		

Variable dependiente: G

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	1.45983023	0.13271184	1.58	0.1563
Error	30	2.52293528	0.08409784		
Total	41	3.98276551			
		R2	C.V.		
		0.366537	7.333222		

Variable dependiente: P

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	0.35384484	0.03216771	1.30	0.2735
Error	30	0.74397669	0.02479922		
Total	41	1.09782154			
		R2	C.V.		
		0.322315	5.359066		

Variable dependiente: L

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	0.24594286	0.02235844	1.17	0.3449
Error	30	0.57130476	0.01904349		
Total	41	0.81724762			
		R2	C.V.		
		0.300940	2.889870		

Variable dependiente: SNG

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	0.74586190	0.06780563	1.41	0.2204
Error	30	1.44530000	0.04817667		
Total	41	2.19116190			
		R2	C.V.		
		0.340396	2.609596		

Variable dependiente: ST

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	2.96258333	0.26932576	1.45	0.2044
Error	30	5.59025714	0.18634190		
Total	41	8.55284048			
		R2	C.V.		
		0.346386	3.490956		

Variable dependiente: Gkg

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	0.17822552	0.01620232	2.74	0.0140
Error	30	0.17747699	0.00591590		
Total	41	0.35570251			
		R2	C.V.		
		0.501052	8.054182		

Variable dependiente: Pkg

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	0.06783085	0.00616644	2.59	0.0188
Error	30	0.07129637	0.00237655		
Total	41	0.13912723			
	R2	C.V.			
	0.487545	6.870023			

Variable dependiente: Lkg

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	0.22173825	0.02015802	2.86	0.0109
Error	30	0.21139319	0.00704644		
Total	41	0.43313144			
	R2	C.V.			
	0.511942	7.267869			

Variable dependiente: SNGkg

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	0.62246748	0.05658795	3.16	0.0061
Error	30	0.53773974	0.01792466		
Total	41	1.16020722			
	R2	C.V.			
	0.536514	6.584262			

Variable dependiente: STkg

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	1.32986910	0.12089719	3.30	0.0046
Error	30	1.09932910	0.03664430		
Total	41	2.42919820			
	R2	C.V.			
	0.547452	6.405773			

Variable dependiente: DVP

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	5622.30357	511.11851	1.73	0.1135
Error	30	8844.65476	294.82183		
Total	41	14466.95833			
	R2	C.V.			
	0.388631	438.3926			

Variable dependiente: DCC

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	1.73809524	0.15800866	1.02	0.4568
Error	30	4.66666667	0.15555556		
Total	41	6.40476190			
	R2	C.V.			
	0.271375	331.3005			

Variable dependiente: BVP

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	1.51323514	0.13756683	1.24	0.3028
Error	30	3.31787333	0.11059578		
Total	41	4.83110848			
	R2	C.V.			
	0.313227	686.0263			

Variable dependiente: BCC

F.V.	GL	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	11	0.00066995	0.00006090	1.04	0.4404
Error	30	0.00176167	0.00005872		
Total	41	0.00243162			
	R2	C.V.			
	0.275517	196.2487			

Anexo. Resumen de ANOVAS de los resultados de producción de leche, peso vivo y CC de los tratamientos con expeller de soja.

Variable dependiente: Leche

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	3.37030	1.68515	0.24	0.7900
Error	15	105.53710	7.03581		
Total	17	108.90740			
		R2	C.V.		
		0.0309	10.78987		

Variable dependiente: LCG

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	2.65953	1.32977	0.20	0.8212
Error	15	99.93485	6.66232		
Total	17	102.59438			
		R2	C.V.		
		0.0259	10.59503		

Variable dependiente: LCE

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	4.63389	2.31695	0.35	0.7097
Error	15	99.05035	6.60336		
Total	17	103.68424			
		R2	C.V.		
		0.0447	9.97166		

Variable dependiente: P

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.05514	0.02757	1.35	0.2878
Error	15	0.30523	0.02035		
Total	17	0.36038			
		R2	C.V.		
		0.1530	4.85386		

Variable dependiente: G

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.01951	0.00976	0.16	0.8565
Error	15	0.93472	0.06231		
Total	17	0.95423			
		R2	C.V.		
		0.0204	6.32950		

Variable dependiente: L

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.02423	0.01212	0.60	0.5626
Error	15	0.30402	0.02027		
Total	17	0.32825			
		R2	C.V.		
		0.0738	3.00877		

Variable dependiente: SNG

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.01101	0.00551	0.13	0.8800
Error	15	0.64035	0.04269		
Total	17	0.65136			
		R2	C.V.		
		0.0169	2.46935		

Variable dependiente: ST

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.02861	0.01431	0.14	0.8729
Error	15	1.56497	0.10433		
Total	17	1.59358			
		R2	C.V.		
		0.0180	2.62367		

Variable dependiente: Pkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	1	0.01169	0.01169	3.48	0.0807
Error	16	0.05377	0.00336		
Total	17	0.06546			
		R2	C.V.		
		0.1785	8.04501		

Variable dependiente: Gkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00405	0.00202	0.17	0.8428
Error	15	0.17557	0.01170		
Total	17	0.17962			
		R2	C.V.		
		0.0225	11.16993		

Variable dependiente: Lkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00605	0.00302	0.23	0.7997
Error	15	0.19998	0.01333		
Total	17	0.20603			
		R2	C.V.		
		0.0294	9.93812		

Variable dependiente: SNGkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.03362	0.01681	0.48	0.6292
Error	15	0.52777	0.03518		
Total	17	0.56139			
		R2	C.V.		
		0.0599	9.13327		

Variable dependiente: STkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.05815	0.02907	0.36	0.7010
Error	15	1.19874	0.07992		
Total	17	1.25689			
		R2	C.V.		
		0.0463	9.35352		

Variable dependiente: DPV

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	3446.33333	1723.16667	5.36	0.0175
Error	15	4823.66667	321.57778		
Total	17	8270.00000			
		R2	C.V.		
		0.4167	5379.77695		

Variable dependiente: DCC

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.25000	0.12500	0.43	0.6592
Error	15	4.37500	0.29167		
Total	17	4.62500			
		R2	C.V.		
		0.0541	648.07407		

Variable dependiente: BPV

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.89502	0.44751	3.06	0.0767
Error	15	2.19177	0.14612		
Total	17	3.08679			
		R2	C.V.		
		0.2900	866.57036		

Variable dependiente: BCC

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00015544	0.00007772	0.72	0.5040
Error	15	0.00162	0.00010832		
Total	17	0.00178			
		R2	C.V.		
		0.0873	288.21590		

Anexo. Resumen de ANOVAS de los resultados de producción de leche, peso vivo y CC de los tratamientos con optigen.

Variable dependiente: Leche

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	2.65568	1.32784	0.32	0.7299
Error	15	61.95537	4.13036		
Total	17	64.61104			
		R2	C.V.		
		0.0411	8.45551		

Variable dependiente: LCG

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.36726	0.18363	0.03	0.9665
Error	15	80.76979	5.38465		
Total	17	81.13705			
		R2	C.V.		
		0.0045	9.80362		

Variable dependiente: ECM

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.27024	0.13512	0.03	0.9750
Error	15	79.79587	5.31972		
Total	17	80.06612			
		R2	C.V.		
		0.0034	9.22348		

Variable dependiente: P

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00463	0.00232	0.08	0.9220
Error	15	0.42562	0.02837		
Total	17	0.43025			
		R2	C.V.		
		0.0108	5.80519		

Variable dependiente: G

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.18821	0.09411	0.99	0.3934
Error	15	1.42097	0.09473		
Total	17	1.60918			
		R2	C.V.		
		0.1170	7.89415		

Variable dependiente: L

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.05303	0.02652	1.06	0.3722
Error	15	0.37657	0.02510		
Total	17	0.42960			
		R2	C.V.		
		0.1234	3.31704		

Variable dependiente: SNG

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.09284	0.04642	0.58	0.5743
Error	15	1.20980	0.08065		
Total	17	1.30264			
		R2	C.V.		
		0.0713	3.39076		

Variable dependiente: ST

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.45508	0.22754	1.13	0.3490
Error	15	3.01997	0.20133		
Total	17	3.47504			
		R2	C.V.		
		0.1310	3.65556		

Variable dependiente: Pkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00181	0.00090517	0.30	0.7454
Error	15	0.04531	0.00302		
Total	17	0.04712			
		R2	C.V.		
		0.0384	7.89543		

Variable dependiente: Gkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00289	0.00145	0.12	0.8864
Error	15	0.17856	0.01190		
Total	17	0.18146			
		R2	C.V.		
		0.01601	1.64386		

Variable dependiente: Lkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00157	0.00078460	0.09	0.9172
Error	15	0.13538	0.00903		
Total	17	0.13695			
		R2	C.V.		
		0.0115	8.28107		

Variable dependiente: SNGkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00802	0.00401	0.16	0.8513
Error	15	0.36947	0.02463		
Total	17	0.37749			
		R2	C.V.		
		0.0212	7.80447		

Variable dependiente: STkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00173	0.00086405	0.01	0.9862
Error	15	0.93190	0.06213		
Total	17	0.93363			
		R2	C.V.		
		0.0019	8.45500		

Variable dependiente: DPV

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	40.11111	20.05556	0.06	0.9460
Error	15	5394.16667	359.61111		
Total	17	5434.27778			
		R2	C.V.		
		0.0074	249.15436		

Variable dependiente: DCC

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.02778	0.01389	0.11	0.8977
Error	15	1.91667	0.12778		
Total	17	1.94444			
		R2	C.V.		
		0.0143	643.42832		

Variable dependiente: BPV

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.17499	0.08750	0.90	0.4282
Error	15	1.46157	0.09744		
Total	17	1.63656			
		R2	C.V.		
		0.1069	288.73086		

Variable dependiente: BCC

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00006678	0.00003339	0.75	0.4882
Error	15	0.00066567	0.00004438		
Total	17	0.00073244			
		R2	C.V.		
		0.0912	260.67384		

Anexo. Resumen de ANOVAS de los resultados de producción de leche, peso vivo y CC de los tratamientos con urea.

Variable dependiente: Leche

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	1.53930	0.76965	0.11	0.8963
Error	15	104.70335	6.98022		
Total	17	106.24265			
		R2	C.V.		
		0.0145	11.07994		

Variable dependiente: LCG

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.95665	0.47833	0.07	0.9316
Error	15	100.71932	6.71462		
Total	17	101.67597			
		R2	C.V.		
		0.0094	10.84503		

Variable dependiente: LCE

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.83948	0.41974	0.06	0.9393
Error	15	100.10557	6.67370		
Total	17	100.94505			
		R2	C.V.		
		0.0083	10.24498		

Variable dependiente: P

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.04508	0.02254	0.58	0.5727
Error	15	0.58423	0.03895		
Total	17	0.62931			
		R2	C.V.		
		0.0716	6.71782		

Variable dependiente: G

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.04243	0.02122	0.15	0.8627
Error	15	2.13457	0.14230		
Total	17	2.17700			
		R2	C.V.		
		0.0195	9.37612		

Variable dependiente: L

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.02301	0.01151	0.77	0.4817
Error	15	0.22495	0.01500		
Total	17	0.24796			
		R2	C.V.		
		0.0928	2.54979		

Variable dependiente: SNG

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.12630	0.06315	1.11	0.3552
Error	15	0.85335	0.05689		
Total	17	0.97965			
		R2	C.V.		
		0.1289	2.82658		

Variable dependiente: ST

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.31343	0.15672	0.56	0.5843
Error	15	4.21942	0.28129		
Total	17	4.53285			
		R2	C.V.		
		0.0691	4.25603		

Variable dependiente: Pkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.0007748	0.0003874	0.10	0.9055
Error	15	0.05815	0.00388		
Total	17	0.05893			
		R2	C.V.		
		0.0131	8.92165		

Variable dependiente: Gkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00139	0.00069713	0.05	0.9498
Error	15	0.20227	0.01348		
Total	17	0.20367			
		R2	C.V.		
		0.0068	12.13377		

Variable dependiente: Lkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00307	0.00153	0.11	0.9001
Error	15	0.21722	0.01448		
Total	17	0.22028			
		R2	C.V.		
		0.0139	10.51636		

Variable dependiente: SNGkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00697	0.00348	0.09	0.9109
Error	15	0.55668	0.03711		
Total	17	0.56365			
		R2	C.V.		
		0.0124	9.59080		

Variable dependiente: STkg

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.01454	0.00727	0.09	0.9169
Error	15	1.25033	0.08336		
Total	17	1.26487			
		R2	C.V.		
		0.0115	9.73514		

Variable dependiente: DPV

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	500.86111	250.43056	0.93	0.4157
Error	15	4034.37500	268.95833		
Total	17	4535.23611			
		R2	C.V.		
		0.1104	235.21839		

Variable dependiente: DCC

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.19444	0.09722	0.85	0.4455
Error	15	1.70833	0.11389		
Total	17	1.90278			
		R2	C.V.		
		0.1022	242.98148		

Variable dependiente: BPV

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	1	0.37171	0.37171	3.36	0.0856
Error	16	1.77158	0.11072		
Total	17	2.14329			
		R2	C.V.		
		0.1734	286.03289		

Variable dependiente: BCC

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr > F
Modelo	2	0.00008233	0.00004117	0.97	0.4003
Error	15	0.00063417	0.00004228		
Total	17	0.00071650			
		R2	C.V.		
		0.1149	229.48717		