

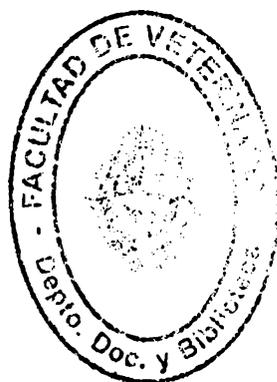
**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**“INGESTIÓN DE ALIMENTO Y AMBIENTE RUMINAL EN BOVINOS  
ALIMENTADOS CON ENSILAJE DE PASTURA DE ALTA CALIDAD Y  
SUPLEMENTADOS CON DIFERENTES CONCENTRADOS ENERGÉTICOS”**

por

**Martín Osvaldo KARLEN MOURGLIA  
Juan Guillermo KELLY RUY LÓPEZ**



TESIS DE GRADO presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias

(Orientaciones: Higiene, inspección, control y tecnología de los alimentos de origen animal y Producción Animal)

MODALIDAD: Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2012**



**PÁGINA DE APROBACIÓN:**

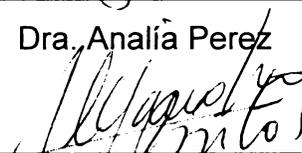
Presidente de Mesa:



---

Dra. Analía Pérez

Segundo Miembro (Tutor):



---

Dr. Alejandro Britos

Tercer Miembro:



---

Ing. Alejandro Mendoza

Co-tutor:



---

Dr. José Luis Repetto

Fecha:

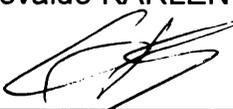
19 de diciembre de 2012

Autores:



---

Martín Osvaldo KARLEN MOURGLIA



---

Juan Guillermo KELLY RUY LÓPEZ

Facultad de Veterinaria

Aprobado con 12 (doce) 

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Alejandro Britos, nuestro tutor, por su paciencia y dedicación.

Al Dr. José Luis Repetto y Dra. Cecilia Cajarville, por su ayuda y apoyo continuo.

A nuestros familiares y amigos por su apoyo incondicional

A todos los integrantes del departamento de Nutrición Animal y Bovinos de la Facultad de Veterinaria.

A nuestros compañeros tesisistas: Agustín Zunini, Leandro Magallanes, Miguel Claramunt, Nicolás Chiozza, Sofía Ramírez, Marisa Giménez.

A nuestros amigos de Producción, de Tecnología y de Facultad.

A los funcionarios del Campo Experimental N°2 Libertad, de la Facultad de Veterinaria.

A los funcionarios de la biblioteca de la Facultad de Veterinaria.

A todos ellos.... Gracias.

## LISTA DE ABREVIATURAS

**AGV:** ácidos grasos volátiles

**FAD:** fibra ácido detergente

**FND:** fibra neutro detergente

**MO:** materia orgánica

**m.o.:** microorganismos

**MS:** materia seca

**N-NH<sub>3</sub>:** nitrógeno amoniacal

**N:** nitrógeno

**P:** probabilidad

**PB:** proteína bruta

**SNC:** sistema nervioso central

**CCK:** colecistoquinina

**NNP:** nitrógeno no proteico

**CO<sub>2</sub>:** dióxido de carbono

**NH<sub>4</sub>:** amonio

**HCO<sub>3</sub>:** bicarbonato

**HPO<sub>4</sub>:** fosfato

**NaCl:** cloruro de sodio

**CS:** cascarilla de soja

**CHO:** carbohidratos

**PV:** peso vivo

**PM:** proteína microbiana

## **LISTA DE TABLAS Y FIGURAS**

Tabla 1. Composición química de la pastura y de los suplementos consumidos.	23
Tabla 2. Consumo de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) de ensilaje de pastura para los tratamientos en vaquillonas Hereford.	26
Tabla 3. Consumo total (ensilaje de pastura + concentrado) de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), nivel de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) para los distintos tratamientos.	27
Tabla 4. Tasa de consumo de ensilaje de pastura total ingerido en vaquillonas consumiendo ensilaje de pastura de alta calidad y suplementadas con diferentes concentrados.	28
Tabla 5. Valores medios de pH y N-NH <sub>3</sub> ruminal en vaquillonas consumiendo ensilaje de pastura de alta calidad y suplementadas con diferentes concentrados.	30
Figura 1. Efecto de la suplementación sobre el consumo (tomado de Lange, 1980)	18
Figura 2. Esquema del diseño experimental	24
Figura 3. Porcentaje de materia seca en vaquillonas consumiendo ensilaje de pastura (EP) y suplementadas al 1% de su peso vivo con cascarilla de soja (EP+CS), maíz (EP+M) y cebada (EP+C).	28
Figura 4. Evolución del pH en vaquillonas consumiendo ensilaje de pastura y suplementadas al 1% de su peso vivo con cascarilla de soja (EP+CS), maíz (EP+M) y cebada (EP+C).	29
Figura 5. Concentración de N-NH <sub>3</sub> en el líquido ruminal de vaquillonas consumiendo ensilaje de pastura y suplementadas al 1% de su peso vivo con cascarilla de soja (EP+CS), maíz (EP+M) y cebada (EP+C).	30

## TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN:.....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
LISTA DE ABREVIATURAS.....	4
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS .....	5
RESUMEN .....	7
SUMMARY .....	8
INTRODUCCIÓN .....	9
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	11
AMBIENTE Y FERMENTACIÓN RUMINAL .....	11
PASTURAS Y ENSILAJE DE PASTURA .....	14
SUPLEMENTACIÓN .....	17
HIPÓTESIS .....	21
OBJETIVOS .....	22
OBJETIVO GENERAL.....	22
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	22
MATERIALES Y MÉTODOS .....	23
Diseño experimental .....	23
Consumo de nutrientes.....	24
Ambiente ruminal.....	24
Análisis químicos .....	25
Análisis estadísticos .....	25
RESULTADOS .....	26
Consumo y tasa de ingestión.....	26
pH del líquido ruminal .....	28
Concentración ruminal de N-NH <sub>3</sub> .....	29
DISCUSIÓN .....	31
CONCLUSIONES.....	34
BIBLIOGRAFÍA .....	35

## **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el consumo, la tasa de ingestión y el ambiente ruminal de bovinos alimentados con ensilaje de pastura de alta calidad y suplementados con diferentes concentrados energéticos. Se utilizaron 24 vaquillonas Hereford (PV = 224,2 ± 20,3 kg), alojadas individualmente y asignadas al azar a 4 dietas: sólo ensilaje de pastura, ensilaje de pastura suplementado al 1 % del PV con cascarilla de soja, con cebada molida y con maíz molido. Se determinó el consumo de MS, MO, PB, FND y FAD, calculando la diferencia entre nutriente ofrecido y rechazado. La tasa de ingestión de MS se determinó pesando la cantidad de alimento ofrecido y rechazado a cada hora durante 13 horas, a partir del inicio de la ingesta. También se determinó pH y concentración de N-NH<sub>3</sub> a partir de líquido ruminal extraído a cada hora durante 24 horas. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante PROC MIXED de SAS<sup>®</sup>. Los consumos de MS y MO del forraje disminuyeron con la inclusión de los diferentes concentrados (sin diferencias entre ellos), sin embargo los consumos totales de MS y MO de la dieta fueron similares entre los 4 tratamientos. Los consumos de FND y FAD fueron mayores en el grupo suplementado con cascarilla de soja, seguidos por el grupo no suplementado y los grupos suplementados con los concentrados almidonosos presentaron los menores consumos. La suplementación causó una disminución moderada del pH ruminal, sin diferencias entre los diferentes concentrados. El valor mínimo de pH fue de 6,1 a las 5h del comienzo de la ingesta. La concentración ruminal de N-NH<sub>3</sub> fue menor en el grupo no suplementado y las mayores las presentaron los grupos suplementados con cascarilla de soja y cebada. Si bien la suplementación de un ensilaje de pastura de alta calidad con concentrados energéticos disminuyó de manera importante el consumo de forraje, no aumentó el consumo total de la dieta y el ambiente ruminal fue moderadamente afectado. La suplementación de forrajes de alta calidad con cascarilla de soja produjo efectos similares a los concentrados almidonosos.

## **SUMMARY**

The aim of this study was to evaluate the intake; the rate of intake and the ruminal environment of bovines fed with high quality pasture silage and supplemented with different energy concentrates. 24 Hereford heifers (BW= 224.2 ± 20.3 kg) were involved, individually allocated and randomly assigned to 4 diets: pasture silage as sole feed or supplemented with soy hulls, ground corn or ground barley at 1% of BW . Intake of DM (dry matter); OM (organic matter); CP (gross protein); NDF and ADF (acid detergent fiber and neutral detergent fiber) were determined, calculating the difference between offered and refused nutrient. Rate of intake of DM was determined weighing the amount of feed offered and refused at each hour for 13 hours from the beginning of intake. We also determine pH and N-NH<sub>3</sub> in rumen fluid taken at each hour for 24 hours. Data were analyzed by means SAS® PROC MIXED. DM and OM intakes from forage decreased with the inclusion of the different concentrates (without differences between them), however DM and OM intakes of the total diet were similar among the 4 treatments. NDF and ADF intakes were higher in the supplemented group with soy hulls, followed by the non-supplemented group and the group supplemented with starchy concentrates showed the lowest intakes. Supplementation caused a moderate decrease of ruminal pH, without differences between the different concentrates. Minimum pH was 6.1 at 5h from the beginning of intake. Ruminal N-NH<sub>3</sub> concentration was lowest in non-supplemented group and the highest were showed by the groups supplemented with soy hulls and barley. Although the supplementation of a high quality pasture silage with energy concentrates significantly decreased the forage intake, did not increase the total intake of the diet and ruminal environment was moderately affected. Supplementation of high quality forage with soy hulls produced similar effects to starchy concentrates.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los principales rubros del Uruguay es la ganadería y se dedican a esta actividad 14:800.000 ha., de las cuales el 87% corresponde a pasturas nativas (campo natural) y 13% (2:000.000 de hectáreas) son pasturas mejoradas (praderas o verdes) (DIEA, 2012). Sin embargo, hay tres aspectos claves que marcan el potencial productivo y la calidad de los productos que se pueden obtener en nuestro país, el clima templado, 1300 mm de precipitación anual y suelos fértiles. Estas son condiciones preferenciales que alcanzan para ubicar al Uruguay entre las regiones del mundo con mayor potencial para la producción ganadera.

Nuestro país posee variadas combinaciones posibles de recursos para producir carne y leche. Las variantes o alternativas de producción tienen características propias que los distinguen, ya sea en aspectos biológicos, productivos (físicos y económicos) y de las características de los productos obtenidos.

Para reducir los gastos en alimentación la dieta de los rumiantes es básicamente pastoril, ya que con ello generalmente se reducen los costos totales de producción. Asimismo, y en virtud de que las pasturas tanto naturales como implantadas son el insumo más abundante, económico y sostenible en los sistemas productivos, se ha estructurado un esquema forrajero en base a ellas. Analizando el potencial de los recursos dedicados a la producción ganadera, es básico atender al potencial de las pasturas como principal fuente de alimentación de los sistemas ganaderos del Uruguay.

Gran parte de nuestro país posee condiciones favorables para la producción de forrajes de alta calidad, por ello, el forraje consumido mediante pastoreo constituye el recurso alimenticio con mejor relación costo/beneficio para la producción. Es así que se pueden obtener pasturas de muy alta calidad que permiten obtener excelentes ganancias de peso, siempre y cuando la cantidad de forraje consumida por los animales sea suficiente. Para aprovechar al máximo la productividad y calidad del forraje, es necesario realizar un correcto manejo del pastoreo y así lograr una elevada producción de carne y leche por hectárea. Sin embargo, la mejora de la producción animal en la región está limitada por la productividad, calidad y el área destinada para dichas pasturas (Risso, 2007). La disponibilidad de tecnologías de suplementación estratégica ha sido muy importante para corregir deficiencias de estas pasturas y mantener alta carga a lo largo del año. Su efecto se refleja en mejoras en la ganancia diaria pero fundamentalmente en una mayor producción de carne (450-800 kg/ha) (Pigurina, 2000).

A modo de resumen, Uruguay como país ganadero basa sus sistemas de producción de carne y leche en las pasturas, por ser el alimento más abundante, económico y sostenible de que goza el país. Sin embargo, la alimentación del animal basada meramente en el esquema forrajero, ateniendo a los índices de demanda y la alta competitividad del comercio mundial, genera problemas y carencias tanto en la producción como en la calidad de los productos que

sobrevienen. En virtud de ello, ya que la suplementación con concentrados es una herramienta cada vez más importante en la creciente intensificación de los sistemas de producción, surge como objetivo la necesidad de profundizar en el conocimiento de los efectos de la suplementación en animales consumiendo forrajes de alta calidad.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### AMBIENTE Y FERMENTACIÓN RUMINAL

La estrategia alimentaria de los rumiantes se basa en la simbiosis establecida entre m.o. que habitan en el rumen y el huésped, ya que los alimentos que habitualmente consumen no están directamente disponibles para ser digeridos por el animal. Es así, que los rumiantes poseen un sistema de fermentación microbiana de los alimentos previo a la acción de las propias enzimas digestivas. El grado y el tipo de transformación de los alimentos en el rumen determinan el rendimiento productivo del animal (Mackie y White, 1990). El rumen puede ser considerado una gran cámara fermentativa con una variada población microbiana que habita en ella. Existen variadas características del retículo-rumen que proporcionan un sistema de cultivo continuo para los m.o.. Una de estas es la capacidad de mantener el pH regulado (6,4 – 6,8), esto resulta del equilibrio entre la producción de ácidos en la fermentación, la absorción de los mismos y el aporte de fosfatos y bicarbonatos proveniente de la saliva que actúan como tampones. Otra de las características del medio ruminal es tener una temperatura estable entre 38 y 42°C, debido al metabolismo corporal sumado al calor generado por la fermentación ruminal. Al mismo tiempo posee un gran contenido de humedad debido a la gran cantidad de agua libre proveniente del agua de bebida, salivación y alimentación. A su vez mantiene un ambiente de anaerobiosis como consecuencia del rápido consumo de oxígeno que ingresa al rumen (McDonald y col., 2006). Finalmente otras de las características fundamentales del retículo-rumen son el aporte y la agitación continua de nutrientes, debido a una alta frecuencia de ingesta, y a las contracciones retículo-ruminales respectivamente; simultáneamente existe una eliminación continua de productos ya sea por su absorción, eructación o tránsito (Van Soest, 1994).

En la alimentación de los rumiantes con frecuencia utilizamos la expresión fibra para identificar la fracción de la dieta menos digerible. En sentido estricto este concepto comprende los componentes de la pared celular. Se trata de pectinas, hemicelulosa, celulosa, lignina, cera, cutina y suberina (McDonald y col., 2006). Además de los componentes de la pared celular también hay que distinguir los componentes internos. Este grupo está conformado por proteínas, ácidos nucleicos, hidratos de carbono, lípidos, vitaminas y minerales. La digestión fisiológica de los componentes vegetales dependerá en la medida en que dichos componentes se puedan metabolizar a base de enzimas propias o de origen microbiano. De entre todos los componentes de la estructura de la pared celular, la lignina es la que se caracteriza por no ser digerible por los m.o. ruminales. Una condición previa para la degradación microbiana de los componentes de la pared celular es la colonización de las partículas de alimento por los m.o. ruminales. Múltiples investigaciones realizadas sobre cepas de m.o. han demostrado su capacidad para producir enzimas capaces de degradar los elementos estructurales de la pared celular (McDonald y col., 2006). La mayoría de estas enzimas son producidas por bacterias y/o protozoarios.

La producción de AGV en el rumen está íntimamente relacionada con el pH ruminal. Éste, además de ser un importante regulador para la producción y crecimiento microbiano (Russell y Donbrowski, 1980), es capaz de afectar la síntesis de los productos finales de la digestión. Cuando hay una gran producción de AGV, se observa una rápida absorción de los mismos, en su forma no disociada y desde el rumen dirigida a su reducción y a la estabilización del pH ruminal (Hoover y Miller, 1991; Dijkstra y col., 1993). El pKa para cada AGV es diferente, el del ácido acético es de 4,76 y para la mayoría de los AGV es de 4,8. Por lo tanto, una caída del pH ruminal hacia dichos valores lleva al incremento de cada AGV en su forma no disociada y de sus tasas de absorción (Kohn y Dunlap, 1998). Sin embargo, un bajo pH ruminal podría disminuir la motilidad ruminal, resultando en una menor capacidad de mezcla de su contenido y, por consiguiente, en una tasa de absorción más lenta (Voelker y Allen, 2003).

El balance entre las cantidades de ácidos y buffers producidas, la velocidad con que ocurre esa producción, y la eficiencia de absorción de los mismos, forman la base de la regulación del pH ruminal (Cerrato y col., 2005). El rumiante tiene varios mecanismos para mantener el pH ruminal dentro de rangos fisiológicos, entre ellos están la rumia, la salivación y la eructación. Los alimentos no inducen todos por igual a la rumia; la forma física de los alimentos es importante para que ésta sea adecuada. El forraje fibroso estimula mucho a la rumia mientras que los concentrados prácticamente no lo hacen. Durante la misma se secreta gran cantidad de saliva (aproximadamente 200L/día según la categoría animal y el tipo de forraje) que llega al rumen con la deglución del bolo alimenticio o de la rumia (Church, 1993). La saliva contiene  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{HPO}_4^-$  que le dan un pH alcalino (8.2 a 8.4) y que en el rumen actúan como tampón frente a la producción de ácidos (Rearte y Santini, 1989). Cuando el rumiante consume concentrados la rumia disminuye y por lo tanto disminuye también la producción de saliva provocando así el descenso del pH ruminal. Durante la formación de AGV se genera  $\text{CO}_2$ , entonces el rumiante para la eliminación de este gas, capta hidrogeniones del medio para formar metano y agua, reduciendo así la acidez. La eliminación de gas se realiza mediante la eructación.

Los CHO se pueden clasificar desde el punto de vista nutricional, en fibrosos y no fibrosos (Van Soest, 1982). Este autor divide los carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) además de una sustancia que no es carbohidrato, pero se haya formando parte de la fibra (la lignina) en FND (celulosa, hemicelulosa y lignina) y FAD (celulosa y lignina). Los carbohidratos fibrosos del forraje son de lenta degradación y de menor digestibilidad aportando una menor cantidad de energía al animal en comparación con los CHO no fibrosos (azúcares solubles y almidón) los cuales son fermentados rápidamente (Van Soest, 1994). De la fermentación de los CHO se obtiene el piruvato, el cual es el principal producto intermedio del metabolismo microbiano. Partiendo del piruvato se pueden sintetizar ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y butírico); estos ácidos se pueden producir en diversas proporciones, pero la mayor proporción siempre es acético seguida de butírico y por último propiónico (Rearte, 1992; Van Soest, 1994). Además se producen otros AGV en menor cantidad, como son el valérico, el isovalérico, y el isobutírico (Jarrige, 1990).

Los factores más importantes que influyen sobre la proporción de estos AGV son el tipo y cantidad de CHO ingeridos con el alimento y la estructura física de este. De esta manera una dieta rica en almidón hace disminuir la proporción de ácido acético a favor de la producción de propiónico, mientras la proporción de butírico permanece prácticamente inalterada (Maynard y col., 1981). En la medida que disminuye el tamaño de las partículas de alimento se produce una modificación similar en la relación acético/propiónico, aunque aumenta la proporción de butírico (Maynard y col., 1981). Sin embargo, de los AGV presentes en el rumen, no todos derivan directamente de la fermentación de los CHO, también pueden resultar de la acción microbiana sobre proteínas u otros compuestos nitrogenados (Maynard y col., 1981). Algunos de los aminoácidos que pueden ser transformados en AGV son: la leucina que se transforma en ácido isovalérico, y prolina y otros esqueletos carbonados en ácido valérico y la valina a ácido isobutírico (Nápoli y Santini, 1987).

Las fermentaciones de CHO no estructurales son energéticamente más eficientes, son altamente acidogénicas, y su aporte debe limitarse y/o contrarrestarse con CHO fibrosos, ya que éstos aportan capacidad tamponante al medio ruminal. Sin embargo, la fibra limita la ingestión y su fermentación es energéticamente menos eficiente. La formulación de dietas en los rumiantes debe buscar el equilibrio entre los niveles de CHO fibrosos (estructurales) y no fibrosos (almidón) con el objetivo de optimizar la ingestión de energía sin provocar alteraciones patológicas en el rumen (Calsamiglia y Ferret, 2002).

Existen dos tipos de acidosis: clínica y subclínica. Con frecuencia, la acidosis clínica se denomina acidosis láctica, ya que en estas condiciones el ácido láctico juega un papel fundamental. En condiciones normales, el ácido láctico es un intermediario minoritario del metabolismo ruminal. Son numerosas las bacterias que sintetizan ácido láctico, *Streptococcus bovis* es probablemente la más importante. Sin embargo, la mayor parte del ácido láctico producido se metaboliza en el rumen (Gill y col., 1986). En la mayor parte de los casos, el desarrollo de acidosis se debe más a la no metabolización del ácido láctico que al incremento de la síntesis. El proceso suele iniciarse con la fermentación rápida de carbohidratos no fibrosos y el crecimiento de grupos bacterianos productores de ácido láctico (*S. bovis*). El desarrollo lento de las bacterias utilizadoras de ácido láctico favorece su acumulación. Cuando el ácido láctico se acumula el pH se reduce por debajo de 5,5, las poblaciones normales del rumen desaparecen siendo sustituidas por lactobacilos productores de ácido láctico. La síntesis de éste reduce más el pH, entrando en un círculo vicioso que conduce a la acidosis metabólica y a la aparición de síntomas clínicos (Calsamiglia y Ferret, 2002). Por otro lado la acidosis subclínica provoca sintomatología más leve o inaparente, por lo cual advertir esta patología resulta muy dificultoso. Por lo general se caracteriza por presentar un pH levemente bajo lo que provoca una menor capacidad de degradación de la FND de la dieta hecho que ocurre cuando el pH ruminal es inferior a 6,2 por 50-60% del tiempo diario. Además puede estar acompañada de una reducción en el consumo de alimentos, diarreas, pérdida de estado corporal y disminución del % de grasa de la leche (Corbellini, 2007).

La degradación de las proteínas es un proceso enzimático realizado por proteasas de origen microbiano, hasta convertirla en oligopéptidos, dipéptidos y

aminoácidos. La mayor parte de estas proteasas provienen de las bacterias, los protozoos aportan aproximadamente entre un 10 y un 20% de la actividad proteolítica (McDonald y col., 2006). Los m.o. pueden absorber pequeños péptidos y aminoácidos y descomponerlos en amoníaco y ácidos orgánicos, o bien utilizarlos para la síntesis de proteína microbiana junto con el N-NH<sub>3</sub>. Dependiendo de la fuente proteica, en el rumen se degrada entre el 30 y el 70% del total de las proteínas del alimento. Los compuestos NNP también se descomponen mediante enzimas de origen microbiano, en este caso los productos finales son N-NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> y según el sustrato, ácidos orgánicos. El NH<sub>3</sub> se obtiene de la degradación final de las proteínas a partir del catabolismo microbiano ruminal de aminoácidos, péptidos y NNP como la urea, obtenidas a partir de la dieta o endógenas (Russell y Hespell, 1981). El N-NH<sub>3</sub> producido por los m.o. se libera al líquido ruminal. La concentración de N-NH<sub>3</sub> ruminal depende de su eliminación y de su producción por diversos mecanismos: la asimilación o captación por parte de los m.o., absorción a través de la pared del rumen y la eliminación en el tracto digestivo posterior. La asimilación del N-NH<sub>3</sub> constituye el primer paso y tal vez el más importante cuantitativamente de la síntesis proteica microbiana.

En resumen: las proteínas de la dieta se descomponen entre un 30 y 70% en el rumen, sobre todo por efecto de las bacterias. El producto final es el N-NH<sub>3</sub> que se utiliza para la síntesis de proteína microbiana. Cuando hay una falta de energía fermentescible en rumen o cuando la PB de la dieta es excesiva, no todo el N-NH<sub>3</sub> producido en rumen puede ser convertido a proteína microbiana. El exceso de N-NH<sub>3</sub> es absorbido por la pared ruminal y transportado por la vena porta al hígado. Este convierte el N-NH<sub>3</sub> a urea que es liberada a la sangre; aquí sigue diferentes caminos: volver al rumen a través de la pared o llegar a glándulas salivares para luego ser deglutidas junto con el bolo alimenticio y ser reutilizada por los m.o.. El otro destino son los riñones donde es eliminada en la orina (McDonald y col., 2006).

Dadas las características de los procesos que ocurren durante la fermentación ruminal, se ha sugerido que las condiciones ruminales óptimas para el crecimiento de la población microbiana que no afectan la degradación de los componentes fibrosos de los forrajes se caracterizan por un pH cercano a la neutralidad (6,7-6,8), una concentración de N-NH<sub>3</sub> de al menos 5-8 mg/dL y de AGV de 75-90 mmol/L con una relación acético/propiónico de 3,5/1 (Kaufmann y col., 1980; Van Soest, 1994).

## PASTURAS Y ENSILAJE DE PASTURA

La producción anual de pasturas de clima templado depende de la fertilidad del suelo, condiciones ecológicas y climáticas (Rearte y Pieroni, 2001). Las pasturas templadas varían en su composición química y el grado de degradación ruminal según la época del año en que sean consumidas y/o evaluadas (Van Vuuren y col., 1993). La producción de MS tiene su pico máximo en primavera, lo que representa en promedio el 45-50% del rendimiento anual, produciéndose una disminución en el verano cuando el pasto es más maduro, teniendo un nuevo

rebrote en otoño, para tener su tasa más baja de crecimiento en invierno (Rearte y Pieroni, 2001).

La calidad del forraje es quizás el factor más importante en la productividad de los rumiantes si el principal alimento es la pastura (Van Soest, 1994). El valor alimenticio de un forraje para la producción animal, es el producto de la concentración de nutrientes contenidos en el forraje (valor nutritivo) y la cantidad de un forraje que un animal consume (consumo voluntario) (Galli, 1997). Kolver y col. (1998), establecieron que una pastura de alta calidad es aquella que presenta una digestibilidad mayor al 70% y según Santini (2002) son las que presentan 70% de digestibilidad y 18% de PB. Las pasturas de clima templado suelen tener altos niveles de PB y bajos niveles de carbohidratos no estructurales solubles (Elizalde y Santini, 1992). A mayor calidad de la pastura, menor contenido de fibra y mayor contenido de CHO solubles, lo que resulta en un menor pH ruminal (Rearte y Santini, 1989).

Las materias nitrogenadas de las pasturas templadas son de rápida degradación ruminal (Nápoli y Santini, 1988; Rearte y Santini, 1989; Elizalde, 2003; Repetto y col., 2005a) provocando una rápida liberación de  $N-NH_3$  en el rumen, conduciendo a mayores pérdidas ruminales de N que a partir de forrajes secos, a iguales consumos de N (Elizalde, 2003). Durante ciertas épocas del año (principios de primavera, otoño e invierno), las pasturas de alta calidad presentan contenidos proteicos (20-30%) que se encuentran muy por encima de la concentración requerida por animales de alta producción (Rearte y Santini, 1989).

La composición del forraje consumido se ve afectada por la especie forrajera, la parte de la planta ingerida y la etapa fisiológica del vegetal (Elizalde y col., 1999). La fase de crecimiento es el factor más importante que afecta a la composición y valor nutritivo de la pastura. La digestibilidad descende a medida que las plantas maduran de acuerdo al grado de incrustación de lignina en las paredes celulares vegetales (McDonald y col., 2006). La digestibilidad de los forrajes no sólo depende de su etapa de madurez sino también del proceso de digestión que se produce en el rumen. La digestión de la fibra en el rumen dependerá de la tasa de digestión, que se verá afectada por la actividad bacteriana, así como el tiempo de retención en ese compartimiento (Rearte y Pieroni, 2001).

Los estudios realizados por Rearte y Santini (1989) demostraron que el medio ambiente ruminal en el ganado consumiendo forraje de alta calidad es diferente al ambiente ruminal reportado en ganado alimentado con dietas basada en alimentos procesados como heno, ensilado y concentrado. Los valores de  $N-NH_3$  registrados consumiendo forrajes de buena calidad son variables dependiendo de dicho alimento y varían en un rango de 6-30 mg/dl (Nápoli y Santini, 1988; Khalili y Sairanen, 2000), este valor no es considerado como limitante para la producción de proteína microbiana. Trabajos realizados en nuestro país, con bovinos pastoreando praderas de gramíneas y leguminosas mostraron que las concentraciones ruminales de  $N-NH_3$  alcanzan un valor en promedio de 20,1 mg/dl (Cajarville y col., 2006).

La ingestión de pasturas templadas de alta calidad además de ocasionar mayores concentraciones de  $N-NH_3$  ruminal también promueve ambientes ruminales con

menores pH y mayores concentraciones de AGV con menores relaciones acético/propiónico que los ideales (Nápoli y Santini, 1987, 1988; Rearte y Santini, 1989). De Veth y Kolver (2001a y b) observaron que la disminución más acusada de la digestibilidad *in vitro* de la MS de una pastura de alta calidad es por debajo de un pH de 5,8, y que períodos cortos (4 h) de pH sub-óptimo (5,4) reducen la digestibilidad de la MS, MO y FND.

La productividad en rumiantes está determinada por el consumo de MS, la cantidad de nutrientes digestibles de la misma y la eficiencia con que estos nutrientes son utilizados y transformados en productos (Rearte y Santini, 1989). El consumo está influenciado por diversos factores como: calidad del forraje, disponibilidad por ha y asignación (Rearte y Santini 1989). A su vez se separa el mismo en diversas teorías: una que resalta la regulación metabólica por parte del animal y la otra que apunta hacia la regularización del funcionamiento digestivo a través del tránsito de la digesta (Van Soest, 1994). Ciertos autores afirman que cuando el contenido de fibra es bajo o la densidad energética de la dieta es alta, el consumo es regulado por la demanda fisiológica de energía; sin embargo, si se utilizan dietas con alto contenido de fibra o baja densidad energética, el consumo se rige por mecanismos físicos tales como el efecto de llenado del retículo-rumen, rumia y actividad ruminal (Mertens, 1994; Forbes, 1995).

En condiciones de manejo de rumiantes a pastoreo, la energía raramente actúa como limitante del consumo; debido a esto, otros factores pueden interactuar y afectar la ingesta de MS como los son: el tiempo en el cual el animal tiene acceso al alimento, la limitación del consumo por el efecto del llenado del tracto gastrointestinal y la distensión de las paredes ruminales. Dietas con alto contenido de fibra provocan una mayor producción de ácido acético. Esto actuaría como una conexión entre la teoría de llenado y la disminución del consumo por los mecanismos metabólicos. La FND fermenta y pasa por el retículo-rumen más lentamente que otros componentes de la dieta y se describe como uno de los mejores predictores químicos del consumo de MS en rumiantes. Los rumiantes pueden compensar un reducido rango de digestión de la fibra aumentando el tiempo de permanencia en el rumen. Pero esto usualmente disminuye el consumo (Dixon y Stockdale, 1999). Sin embargo existen otros factores que afectan el llenado como lo son el tamaño de la partícula, la frecuencia de masticación y su efectividad, la fragilidad de la partícula, la fracción indigestible de la FND y las características de las contracciones reticulares (Allen, 1996).

La calidad de una pastura se encuentra siempre en estado dinámico, debido a factores como: edad, el clima, la composición botánica y el manejo del pastoreo. Cuando las leguminosas y las gramíneas maduran, disminuye su digestibilidad debido a un incremento en la relación tallo-hoja, sumado a una importante reducción en la digestibilidad de los tallos. Los cambios en la composición química asociados a un incremento en la madurez resultan en una reducción de los carbohidratos fácilmente fermentecibles (contenido celular) y un incremento de los estructurales (celulosa y hemicelulosa) y de la lignina (McDonald y col., 2006). Durante el periodo de primavera y verano en el Uruguay hay excedente de pasturas. Considerando el estado dinámico mencionado anteriormente este excedente es aprovechado por los productores para elaborar ensilaje que serán utilizados en los periodos de déficit. En base a esto es importante tener en cuenta

el momento apropiado para realizar dicho proceso tecnológico ya que de esto depende la calidad del producto final.

El proceso de ensilaje se desarrolla en dos etapas fundamentalmente. La primera consiste en el cortado de la pastura, recolección y compactación. La segunda etapa constituye un proceso anaerobio en el cual se envuelve el pasto con una película de polietileno con el fin de evitar el ingreso de oxígeno. En este proceso fermentativo hay producción de ácidos orgánicos (láctico principalmente) que reducen el pH (3,5-4,5) hasta niveles en los cuales la actividad de los microorganismos se reduce considerablemente permitiendo así su conservación. Esto nos permite almacenar el excedente de forraje durante la época de crecimiento activo de las plantas para su distribución en la época de escasez, además de ofrecer a los animales un alimento de buena calidad (McDonald y col, 2006).

## SUPLEMENTACIÓN

Una alternativa para mejorar el perfil nutricional de animales alimentados con forrajes de alta calidad puede lograrse a través de la suplementación energética (Elizalde, 2003).

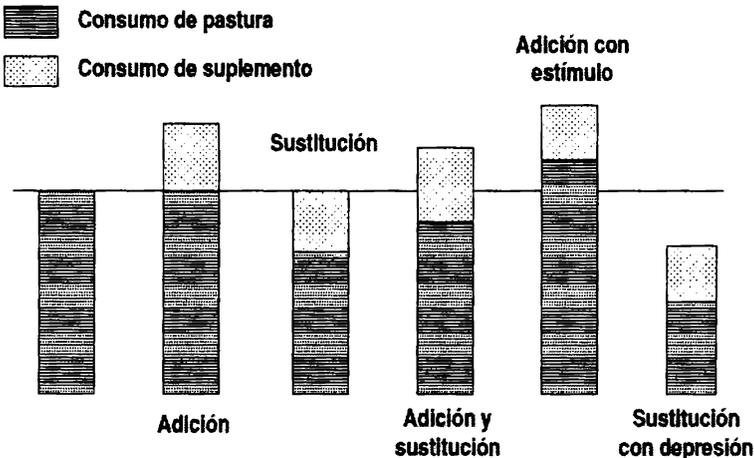
La sustitución parcial del forraje fresco por alimentos ricos en energía (como los granos de cereales, oleaginosas y subproductos de los mismos), ha sido utilizada como herramienta para mejorar la performance animal cuando se alimenta a los rumiantes con pasturas (Elizalde y Santini, 1992). Es por esto que la finalidad de la suplementación en animales en pastoreo es aumentar el consumo total de MS y el consumo de energía en comparación con aquellos obtenidos con solo pastura (Peyraud y Delaby, 2001; Stockdale, 2000).

El efecto de la suplementación sobre el consumo de forraje y/o de nutrientes totales y de esta forma sobre la performance animal depende de una serie de factores, como la disponibilidad y la composición química del forraje, tipo y niveles de suplementación y potencial genético del animal (Paterson y col., 1994). Se ha observado que animales alimentados con forrajes de baja calidad nunca alcanzan a producir al mismo nivel que animales alimentados con forraje de alta calidad y menor cantidad de suplemento (Van Soest, 1994). Sin embargo, a nivel productivo, la interacción entre un forraje de alta calidad y un concentrado como suplemento a veces no es tenida en cuenta.

La suplementación con granos de cereales, en rumiantes alimentados con dietas forrajeras, puede tener efectos asociativos tanto negativos como positivos en el consumo voluntario y la digestión del forraje (Dixon y Stockdale, 1999). Los efectos asociativos negativos se relacionan con la utilización de una alta proporción de concentrados de rápida fermentación en la dieta que disminuye el consumo voluntario y/o digestión de los componentes fibrosos del forraje. Esto ocasiona disturbios en los m.o. ruminales, aumentando la flora amilolítica y disminuyendo la flora celulolítica. Al reducirse la flora que degrada los carbohidratos estructurales hay una menor digestión de los mismos y por lo tanto menor eficiencia de utilización del forraje. Por otra parte cuando obtenemos un

efecto positivo con la asociación de los granos con el forraje se observa un incremento del consumo voluntario y/o digestibilidad de la dieta. Dixon y Stockdale (1999) indican que los mismos ocurren cuando el forraje contiene un nutriente limitante para los microorganismos ruminales o para el animal huésped; y generalmente ocurren cuando se utilizan forrajes de baja calidad y están ligados al aumento de la digestibilidad de la MO.

A su vez, los efectos de la suplementación sobre el consumo voluntario se han catalogado según como afecte la ingestión de forraje (figura 1). El efecto de adición es aquel que no afecta el consumo de forraje y el consumo de suplemento se suma al consumo de forraje, así el consumo total de MS se incrementa. El efecto de sustitución sucede cuando el consumo de forraje disminuye en la misma proporción que aumenta el consumo de concentrado, manteniéndose el mismo nivel de consumo total de MS. Cuando el consumo de forraje disminuye pero el consumo total aumenta se observa el efecto de adición y sustitución, y se denomina tasa de sustitución a la disminución de la ingestión de MS de forraje por unidad de MS de concentrado consumido. Además, existen dos situaciones más extremas: la adición con estímulo y la sustitución con depresión. En la primera el suplemento causa un aumento de la ingestión de forraje, incrementando el total de MS consumida y en la segunda el consumo de forraje se reduce de forma tal que disminuye la ingestión de MS total (Lange, 1980).



**Figura 1. Efecto de la suplementación sobre el consumo (tomado de Lange, 1980)**

Usualmente como suplementos se utilizan concentrados energéticos ricos en almidón. La digestión del almidón en el tracto digestivo de los rumiantes tiene una gran influencia en las diversas respuestas digestivas de los animales (Offner y col., 2003), por lo tanto la fermentación ruminal del almidón determina en gran medida el valor nutritivo que poseen los granos para los rumiantes. Estos concentrados pueden ser clasificados en rápida (trigo y cebada) y lentamente degradables (maíz y sorgo) (Offner y col., 2003). El maíz posee un contenido de almidón que oscila entre 63-65%, la cantidad de fibra es muy escasa (FND 8-9%), y presenta un alto valor de energía metabolizable (3,3 Mcal/kg MS) con un

contenido de PB del 10%. El grano de cebada es un cereal de rápida degradación, posee un contenido de almidón de 50-55%, 2-3% de azúcares y 17-19% de FND. El contenido en PB es de un 11-12% (Repetto y col. 2005b; Offner y col; 2003).

El suministro de alimentos con alto contenido en almidón tiene un efecto importante sobre el ambiente ruminal, aumentando la producción de AGV y disminuyendo el pH (Sauvant, 1997), y en última instancia, afecta la ingesta de MS y la producción (Herrera-Saldana y col., 1990). La reducción en el pH ruminal disminuye la digestión de fibra (Mould y Ørskov, 1984). Grant y col., (1974) sugirieron que una abrupta reducción en el pH de 6,2 a 5,8 puede inhibir la actividad de las bacterias celulolíticas. Sin embargo, De Veth y Kolver (2001a) observaron en un sistema *in vitro* de cultivo continuo que la digestibilidad de una pastura de alta calidad (con predominancia de ryegrass) disminuyó de forma más acentuada con pH por debajo de 5,8.

Por otro lado, la captación de N-NH<sub>3</sub> por parte de las bacterias ruminales depende de varios factores, entre ellos de un correcto equilibrio entre la degradación de los CHO y de las proteínas de tal manera que las materias nitrogenadas y CHO estén disponibles en el rumen simultáneamente en las proporciones requeridas. La suplementación con concentrados energéticos mejora la eficiencia de utilización del N del forraje, proporcionando un mayor número de aminoácidos a los animales y reduciendo la pérdida de N en el rumen como N-NH<sub>3</sub> (Merchen y Titgemeyer, 1992).

Elizalde y col. (1999) reportaron que la suplementación de alfalfa fresca con 4 niveles de maíz en novillos Angus provocó que la ingestión de MO del forraje disminuyera pero la ingestión de MO total aumentara y que el pH disminuyera sin afectar la digestión de la fibra. También Reis y Combs (2000) en vacas lecheras alimentadas con pastura fresca de alta calidad y suplementadas con niveles crecientes de maíz, observaron que el consumo total de MS aumentó sin causar efectos negativos en la digestión del forraje. Además, en el mismo experimento el pH ruminal no fue afectado por la inclusión de concentrado pero el N-NH<sub>3</sub> disminuyó de forma lineal. En novillos de carne consumiendo forraje de mediana calidad y suplementados con 4 niveles de cebada, Lardy y col. (2004) observaron el mismo efecto sobre el consumo de forraje y de MS total, el pH sólo fue afectado en un horario de muestreo mientras que el N-NH<sub>3</sub> ruminal disminuyó linealmente a medida que aumentaba la inclusión del concentrado. Sairanen y col. (2005) observaron en vacas Holstein en lactación alimentadas con una mezcla de *P. pratense* y *F. pratensis* y suplementadas en forma creciente con un concentrado basado en cebada que el consumo de MS de forraje disminuyó y el de MS total aumentó, a su vez el pH y N-NH<sub>3</sub> ruminales disminuyeron linealmente. En nuestro país, estudios realizados por Cajarville y col. (2006) reportaron descensos más marcados de pH al suplementar vacas pastoreando una pradera de leguminosas y gramíneas con una mezcla de maíz y cebada que cuando los animales no fueron suplementados. Además Aguerre y col. (2011) alimentando vaquillonas y corderos con lotus y suplementándolos con 4 niveles de sorgo (0, 0.5, 1, 1.5% del PV) hallaron un descenso lineal del pH mientras que los niveles de N-NH<sub>3</sub> no se vieron afectados en ambas especies. Este autor concluye que las dietas compuestas solamente por pasturas templadas aportan un equilibrio de nutrientes

para el crecimiento microbiano en rumen que no se logra con la incorporación de grano de sorgo en la dieta.

No obstante, en otros trabajos se ha observado que dietas exclusivamente forrajeras de alta calidad causan similares niveles de pH ruminal que dietas suplementadas con concentrados. En ese sentido, Berzaghi y col. (1996) en vacas en lactación observaron que el consumo de forraje disminuyó pero que la ingestión de MO total fue similar entre los animales suplementados con maíz y no suplementados; además disminuyó el N-NH<sub>3</sub> ruminal y el pH no fue afectado por la suplementación. García y col. (2000) trabajando con vacas Holstein conformó 3 grupos, uno a base de forraje de avena, otro a base de avena suplementado con maíz y el tercero avena con cebada, y observó que el consumo de MO total, el pH y el N-NH<sub>3</sub> ruminales fueron similares entre los tratamientos.

Como suplementos de pasturas también pueden ser utilizados subproductos como la CS. La CS tiene una elevada concentración de CHO (alrededor de un 75%). La mayor parte corresponden a componentes de la pared celular. La fibra se encuentra muy poco lignificada. El contenido en lignina ácido detergente representa sólo un 1,8%. Presenta una degradabilidad potencial cercana al 90% en rumiantes. La CS posee un valor de FDN de 67 % la cual está compuesta por celulosa y pentosanas. El contenido proteico de este ingrediente es apreciable (12% como media), aunque altamente variable (7-21%). Su aporte de energía es 10,89 MJ/kg de MS (FEDNA, 2004). Su degradación es lenta en comparación con los granos de cereales, lo que se relaciona con las características estructurales de su pared celular. Esto tiene implicancias prácticas ya que el grado de digestión de la fibra resulta altamente dependiente del tiempo de permanencia del alimento en el rumen o de su velocidad de pasaje (Salado y col., 2005). Además de dar una alternativa más barata en sustitución de los granos de cereales, una dieta con CS puede contribuir a una ingestión alta de energía sin alterar significativamente el ambiente ruminal (Ipharraguerre y Clark, 2003). Se ha observado que puede suplantar al grano de maíz hasta un 30% de la MS de dieta sin que ello afecte la fermentación o la digestión en el tracto gastrointestinal. De esta forma se evita superar el porcentaje de almidón recomendado aportando una dieta alta en energía (Ipharraguerre y col., 2002).. Asimismo, Bargo y col. (2003) sugieren que la suplementación con concentrados fibrosos tendría un efecto beneficioso sobre la ingestión de forraje.

## **HIPÓTESIS**

- La suplementación de bovinos con concentrados consumiendo una dieta basada en forrajes de alta calidad afectará el ambiente ruminal disminuyendo el pH y la concentración de N-NH<sub>3</sub>.
- La suplementación de bovinos con diferentes concentrados aumentará el consumo total de MS y disminuirá el consumo de forraje.
- La suplementación de bovinos con cascarilla de soja no afectará el ambiente ruminal en igual medida que lo harán los concentrados almidonosos (maíz y cebada) ni disminuirá el consumo de forraje.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

El objetivo del presente trabajo es estudiar el ambiente ruminal y la ingestión de alimentos en bovinos consumiendo ensilaje de pastura de alta calidad suplementados con diferentes concentrados.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar el efecto de la suplementación de ensilaje de pastura de alta calidad con diferentes concentrados energéticos sobre la dinámica del pH y N-NH<sub>3</sub> ruminal en bovinos.
- Evaluar el efecto de la suplementación de ensilaje de pastura de alta calidad con diferentes concentrados energéticos sobre el consumo diario de nutrientes y la tasa de ingestión.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los procedimientos experimentales fueron realizados de acuerdo a los principios bioéticos y protocolos de supervisión propuestos por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (C.H.E.A), de la UdelaR.

El protocolo experimental se llevó a cabo en la Unidad de Digestión y Metabolismo Ruminal del Departamento de Nutrición Animal en el Campo Experimental N° 2 de la Facultad de Veterinaria (Libertad, San José, 34° Latitud Sur, 35° Longitud Oeste). Los análisis de composición química se realizaron en el laboratorio de análisis químicos del Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Veterinaria.

### Diseño experimental

Se utilizaron 24 vaquillonas Hereford de  $224,2 \pm 20,3$  kg de PV (media  $\pm$  desvío estándar). Los animales fueron alojados individualmente y asignados al azar a 4 dietas: sólo ensilaje de pastura (EP) (con predominancia de *L. multiflorum*), ensilaje de pastura suplementado con cascarilla de soja (EP+CS), con maíz molido (EP+M) y con cebada molida (EP+C). Para esto, el manejo de la alimentación se realizó de la siguiente forma: a la hora 8:00 am se le administró a los grupos suplementados una única vez al día el 1% del PV de concentrado correspondiente. Inmediatamente de que cada animal consumía la totalidad del concentrado se administraba el forraje hasta la hora 21:00 con un descanso comprendido desde la hora 12:00 a la hora 13:00 donde no se le administraba forraje y se les proporcionaba agua. En todas las dietas, el ensilaje de pastura se ofreció sin restricción de cantidad. El nivel de suplementación y el manejo de la alimentación fueron seleccionados porque son comúnmente utilizados en Uruguay.

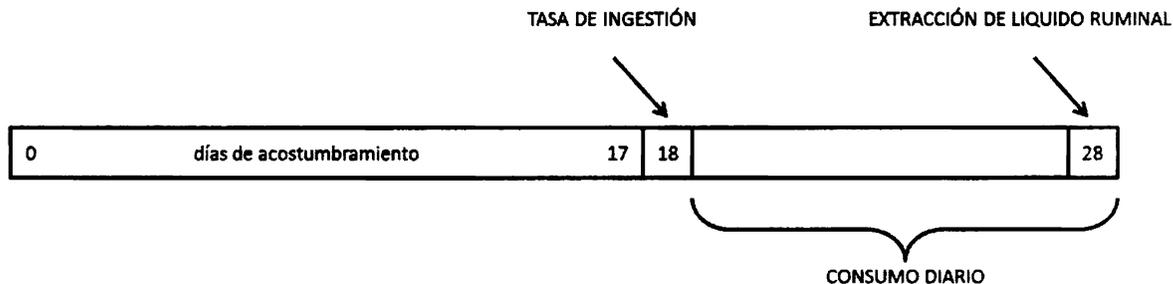
**Tabla 1. Composición química de la pastura y de los suplementos consumidos.**

Composición Química (%)	Ensilaje de Pastura	Cascarilla de soja	Maíz	Cebada
MS	32,83	90,16	88,36	89,51
*MO	88,63	93,94	98,73	95,55
*PB	16,03	15,36	8,61	9,4
*FND	41,31	57,02	12,09	22,93
*FAD	28,39	39,04	3,36	8,71

\*porcentaje en base seca

En los días previos al período de acostumbramiento a la dieta se implantó quirúrgicamente una sonda a cada animal para la extracción de líquido ruminal. Luego de esta maniobra se les permitió 3 días de recuperación para no interferir

con el ensayo. Seguido esto comenzó la etapa de adaptación a la dieta de los animales, la cual fue de un período de 17 días. Completado el período de acostumbramiento se registraron las mediciones de consumo las cuales abarcaron un período de 10 días (del día 19 al 28). El día 18 se estudió la tasa de ingestión de cada animal. En el día 28 se extrajeron muestras de líquido ruminal hora a hora durante 24 horas de cada uno de los animales para determinar el pH y la concentración de N-NH<sub>3</sub>.



**Figura 2. Esquema del diseño experimental**

### Consumo de nutrientes

El consumo de nutrientes de la dieta total y del forraje fue individualmente medido y se calculó como la diferencia entre nutriente ofrecido y nutriente rechazado. En los alimentos ofrecidos y rechazados se determinó el contenido de MS, MO, PB, FND y FAD, para calcular el consumo de cada nutriente. En caso que los animales rehusaran menos de 10% de forraje no se le realizó análisis químico al rechazo. El consumo de cada nutriente se expresó en g/día y en g/kg PV/d.

La tasa de ingestión se determinó pesando la cantidad de alimento ofrecido y rechazado a cada hora durante 13 horas, a partir del inicio de la ingesta (hora 0). La tasa de ingestión se expresó como porcentaje del consumo diario de la dieta total.

### Ambiente ruminal

Para las determinaciones de pH y N-NH<sub>3</sub> se extrajeron 60 ml de líquido ruminal de cada animal. El pH fue medido de forma inmediata, empleando un pHmetro digital (eChem Instruments Pte. Ltd., Oakton, Singapur). Para la determinación de N-NH<sub>3</sub> se tomaron 10 ml de líquido ruminal y fueron almacenadas con 10 ml de NaCl (20%) como conservante a -20°C. Posteriormente se analizó la concentración de N-NH<sub>3</sub> por destilación directa (destilador Tecnal, TE-0363).

## Análisis químicos

Para determinar MS total o analítica las muestras fueron analizadas según el método 934.01 de A.O.A.C. (1990).

Las muestras de los alimentos utilizados se secaron en estufa durante 48 h a 60°C, se molieron en un molino de rotor provisto de criba de 1 mm (Fritsch GmbH, Idar-Oberstein, Alemania) y luego se utilizaron para analizar los diferentes componentes químicos. Se determinaron Cenizas y PB según los métodos 942.05 y 954.01 respectivamente de A.O.A.C (1990). El % MO se calculó por diferencia (100 - % de Cenizas). Las determinaciones de FND y FAD se realizaron de acuerdo al método propuesto por Robertson y Van Soest (1981) usando un analizador de fibra ANKOM220 (ANKOM Technology Corp., Macedon, NY, USA) con  $\alpha$ -amilasa termoestable, y fueron expresadas con la ceniza residual incluida.

## Análisis estadísticos

Para evaluar el efecto de la suplementación con diferentes concentrados sobre el consumo se utilizó el procedimiento PROC MIXED de SAS® (versión 8.02, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), de acuerdo al modelo:

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

Donde  $\mu$  es la media general,  $T_i$  es el efecto de la dieta o tratamiento  $i$  ( $n=4$ ) medido en  $j$  réplicas (6 vaquillonas) y  $\epsilon_{ij}$  es el error residual. El animal se consideró como la unidad experimental.

Para evaluar el efecto de la suplementación con diferentes concentrados sobre el pH y la concentración de N-NH<sub>3</sub> del líquido ruminal y la tasa de ingestión, las variables se analizaron como medidas repetidas sobre el animal utilizando el mismo procedimiento y siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + t_j + (T \times T)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde  $\mu$  es la media general,  $T_i$  es el efecto fijo de la dieta o tratamiento ( $n=4$ ) medido en  $k$  réplicas (6 vaquillonas),  $t_j$  es el efecto fijo de la hora de medición ( $n=24$  horas),  $(T \times t)_{ij}$  es la interacción entre tratamiento y hora y  $\epsilon_{ijk}$  es el error residual. El animal se consideró como la unidad experimental.

Las medias de los tratamientos fueron separadas mediante el procedimiento LSMEANS de SAS®. Las diferencias con  $P < 0,05$  fueron consideradas estadísticamente significativas y cuando  $0,05 < P < 0,10$  se consideraron tendencias.

## RESULTADOS

### Consumo y tasa de ingestión

En la tabla 2 se presentan los datos de consumo de MS, MO, PB, FND y FAD del ensilaje de pastura expresados como g/día y g/kg PV/d. El consumo de nutrientes provenientes del forraje fue mayor en los animales alimentados exclusivamente con ensilaje de pastura que en los suplementados. Entre los tratamientos con suplementación no hubo diferencias.

**Tabla 2. Consumo de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) de ensilaje de pastura para los tratamientos en vaquillonas Hereford.**

NUTRIENTE		EP	EP + CS	EP + M	EP + C	ESM	P
<b>MS</b>	(g/día)	6600 <sup>a</sup>	5131 <sup>b</sup>	5164 <sup>b</sup>	5093 <sup>b</sup>	198,1	<,001
	(g/Kg PV/d)	30,84 <sup>a</sup>	23,74 <sup>b</sup>	22,81 <sup>b</sup>	21,51 <sup>b</sup>	1,155	<,001
<b>MO</b>	(g/día)	5849 <sup>a</sup>	4548 <sup>b</sup>	4576 <sup>b</sup>	4514 <sup>b</sup>	175,6	<,001
	(g/Kg PV/d)	27,34 <sup>a</sup>	21,04 <sup>b</sup>	20,22 <sup>b</sup>	19,07 <sup>b</sup>	1,024	<,001
<b>PB</b>	(g/día)	1059 <sup>a</sup>	823 <sup>b</sup>	828 <sup>b</sup>	817,0 <sup>b</sup>	31,79	<,001
	(g/Kg PV/d)	4,95 <sup>a</sup>	3,81 <sup>b</sup>	3,66 <sup>b</sup>	3,45 <sup>b</sup>	0,185	<,001
<b>FND</b>	(g/día)	2726 <sup>a</sup>	2119 <sup>b</sup>	2133 <sup>b</sup>	2103 <sup>b</sup>	81,82	<,001
	(g/Kg PV/d)	12,74 <sup>a</sup>	9,80 <sup>b</sup>	9,42 <sup>b</sup>	8,89 <sup>b</sup>	0,477	<,001
<b>FAD</b>	(g/día)	1873 <sup>a</sup>	1456 <sup>b</sup>	1466 <sup>b</sup>	1446 <sup>b</sup>	56,24	<,001
	(g/Kg PV/d)	8,76 <sup>a</sup>	6,74 <sup>b</sup>	6,48 <sup>b</sup>	6,11 <sup>b</sup>	0,328	<,001

*ESM: error estándar de las medias.*

<sup>ab</sup>*Diferentes superscritos dentro de una fila indican que las medias difieren a un nivel de  $P < 0,05$ .*

*EP: ensilaje de pastura de alta calidad, EP + CS: ensilaje de pastura de alta calidad + cascarilla de soja, EP + M: ensilaje de pastura de alta calidad + maíz, EP + C: ensilaje de pastura de alta calidad + cebada*

Los datos presentados en la tabla 3 detallan el consumo de nutrientes de la dieta total (ensilaje de pastura más suplemento al 1% PV). El consumo de MS no presentó diferencias significativas entre tratamientos tanto en g/día ( $P=0,078$ ) como en g/Kg PV/d ( $P=0,314$ ). En el caso de la ingestión de MO el grupo no suplementado presentó menor nivel de consumo que los grupos suplementados ( $P=0,022$ ); entre los tratamientos con suplementación no hubo diferencias. Sin embargo cuando se presenta en g/kg PV/d no hay diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Con respecto al consumo de PB expresado en g/día, solo hubo una tendencia a la diferencia entre tratamientos ( $P=0,081$ ). Sin embargo las diferencias entre tratamientos se manifestaron cuando se expresaron en g/kg PV/d. Los tratamientos de mayor consumo fueron el tratamiento EP+CS y EP, mientras que los tratamientos EP+C y EP+M presentaron los menores consumos de PB.

En el consumo de FND y FAD de la dieta total existieron diferencias entre tratamientos ( $P<0,001$ ). Los mayores consumos de ambos nutrientes lo presentaron los animales suplementados con CS, seguidos por los animales no suplementados y los consumos más bajos fueron mostrados por los animales suplementados con los concentrados almidonosos (sin diferencias entre sí).

**Tabla 3. Consumo total (ensilaje de pastura + concentrado) de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), nivel de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD) para los distintos tratamientos.**

NUTRIENTE		EP	EP + CS	EP + M	EP + C	ESM	P
<b>MS</b>	(g/día)	6600 <sup>y</sup>	7299 <sup>xy</sup>	7435 <sup>x</sup>	7456 <sup>x</sup>	249.5	0,078
	(g/Kg PV)	30,84	33,74	32,81	31,51	1,155	0,314
<b>MO</b>	(g/día)	5849 <sup>b</sup>	6585 <sup>a</sup>	6819 <sup>a</sup>	6772 <sup>a</sup>	225,1	0,022
	(g/Kg PV)	27,34	30,43	30,09	28,62	1,024	0,155
<b>PB</b>	(g/día)	1059 <sup>xy</sup>	1156 <sup>x</sup>	1024 <sup>y</sup>	1039 <sup>y</sup>	36,94	0,081
	(g/Kg PV)	4,95 <sup>ab</sup>	5,34 <sup>a</sup>	4,52 <sup>bc</sup>	4,39 <sup>c</sup>	0,185	0,007
<b>FND</b>	(g/día)	2726 <sup>b</sup>	3356 <sup>a</sup>	2407 <sup>c</sup>	2645 <sup>bc</sup>	96,24	<,001
	(g/Kg PV)	12,74 <sup>b</sup>	15,51 <sup>a</sup>	10,63 <sup>c</sup>	11,18 <sup>c</sup>	0,477	<,001
<b>FAD</b>	(g/día)	1873 <sup>b</sup>	2303 <sup>a</sup>	1542 <sup>c</sup>	1651 <sup>c</sup>	63,41	<,001
	(g/Kg PV)	8,76 <sup>b</sup>	10,64 <sup>a</sup>	6,81 <sup>c</sup>	6,98 <sup>c</sup>	0,328	<,001

ESM: error estándar de las medias.

<sup>abc</sup>Diferentes superscritos dentro de una fila ( para cada tratamiento) indican que las medias difieren a un nivel de  $P<0,05$

<sup>xy</sup>Diferentes superscritos dentro de una fila ( para cada tratamiento) indican que las medias difieren a un nivel entre  $P<0,10$  y  $P>0,05$ .

EP: ensilaje de pastura de alta calidad, EP + CS: ensilaje de pastura de alta calidad + cascarilla de soja, EP + M: ensilaje de pastura de alta calidad + maíz, EP + C: ensilaje de pastura de alta calidad + cebada

En la figura 3 se presenta la tasa de ingestión de forraje de las vaquillonas (expresada como porcentaje del consumo diario total) según los distintos tratamientos y las medias diarias de cada tratamiento se muestran en la tabla 4. Si bien no se expresaron diferencias entre tratamientos de las medias de la tasa de ingestión, se constató una interacción tratamiento por hora evidenciando

diferencias entre tratamientos en determinados momentos del día. Por otro lado, se observaron 3 momentos a lo largo del día donde se producen incrementos marcados de ingestión. El primero se registró al inicio (hora 1), el segundo a la hora 6 (donde previo a éste se restringió el acceso a la comida por una hora) y por último a la hora 13, la cual era la última ingesta del día.

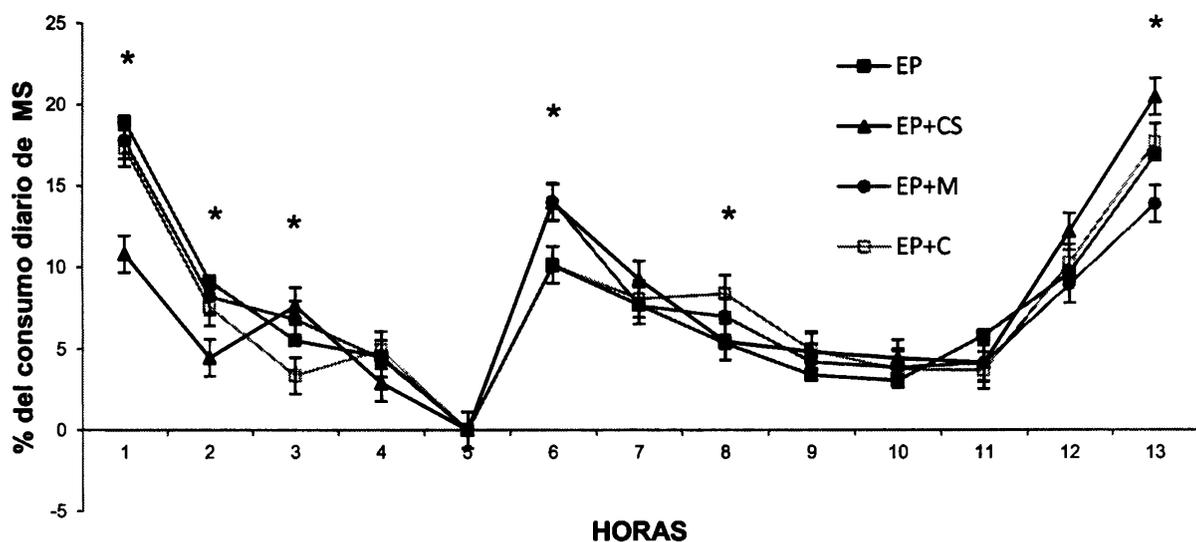


Figura 3. Tasa de consumo del forraje total ingerido en vaquillonas consumiendo ensilaje de pastura (EP) y suplementadas al 1% de su peso vivo con cascarilla de soja (EP+CS), maíz (EP+M) y cebada (EP+C). Los asteriscos representan diferencias entre tratamientos.

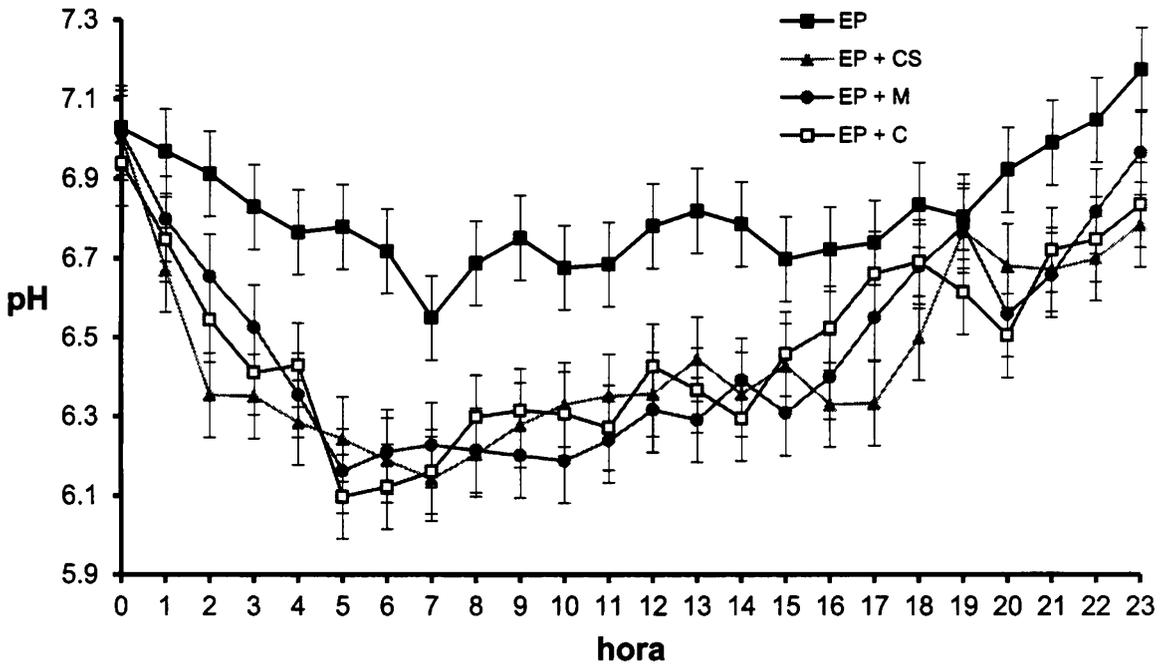
Tabla 4. Tasa de consumo de ensilaje de pastura total ingerido en vaquillonas consumiendo ensilaje de pastura de alta calidad y suplementadas con diferentes concentrados.

	TRATAMIENTOS					P		
	EP	EP + CS	EP + M	EP + C	ESM	T	h	T x h
Tasa de consumo	7,69	7,69	7,69	7,69	0,047	<0,001	<0,001	<0,001

#### pH del líquido ruminal

En la figura 4 se presenta la dinámica diaria del pH ruminal de cada tratamiento y las medias diarias de cada tratamiento se muestran en la tabla 4. Se registró un descenso del mismo desde el inicio de la ingesta (hora 0) hasta la hora 6 para todos los tratamientos. El tratamiento EP presentó el pH más alto ( $P < 0,001$ ) y el más estable, manteniéndose en un rango entre 6,5 y 7,2. Mientras que los restantes tratamientos presentaron un pH medio menor y oscilaron en un rango

desde 6,1 a 7. La forma de las curvas de la dinámica del pH a lo largo del día fueron similares entre tratamientos ( $P$  de interacción tratamiento x hora = 0,344).



**Figura 4. Evolución del pH en vaquillonas consumiendo ensilaje de pastura y suplementadas al 1% de su peso vivo con cascarilla de soja (EP+CS), maíz (EP+M) y cebada (EP+C)**

#### Concentración ruminal de N-NH<sub>3</sub>

La cinética de la concentración del N-NH<sub>3</sub> se presenta en la figura 5 y las medias diarias de cada tratamiento se muestran en la tabla 5. Los animales suplementados con CS y cebada presentaron las concentraciones medias de N-NH<sub>3</sub> más elevadas (sin diferencias entre ellos), seguidos por los que consumían maíz y luego los que consumían solo ensilaje. Las formas de las curvas de la cinética del N-NH<sub>3</sub> ruminal fueron diferentes ( $P$  de interacción tratamiento x hora <0,001). Se constató un incremento para todos los tratamientos en dos momentos del día. El primero se produjo a partir del comienzo de la ingesta (hora 0), el cual es destacable ya que fue el doble de la concentración inicial, llegando este incremento hasta la hora 4. El segundo incremento se registró a la hora 14. A la hora 8 solo dos tratamientos (EP+CS y EP+M) aumentaron sus niveles de N-NH<sub>3</sub> en forma considerable.

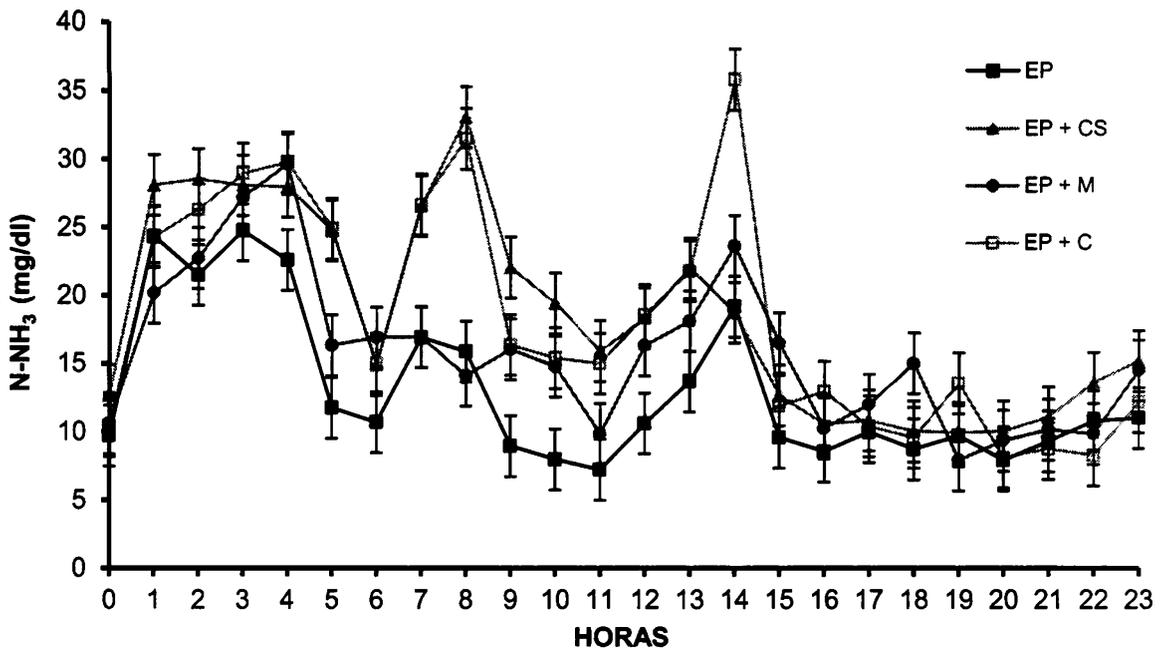


Figura 5. Concentración de N-NH<sub>3</sub> en el líquido ruminal de vaquillonas consumiendo ensilaje de pastura y suplementadas al 1% de su peso vivo con cascarilla de soja (EP+CS), maíz (EP+M) y cebada (EP+C).

Tabla 5. Valores medios de pH y N-NH<sub>3</sub> ruminal en vaquillonas consumiendo ensilaje de pastura de alta calidad y suplementadas con diferentes concentrados.

	TRATAMIENTOS					P		
	EP	EP + CS	EP + M	EP + C	ESM	T	h	T x h
pH	6,82 <sup>a</sup>	6,45 <sup>b</sup>	6,48 <sup>b</sup>	6,48 <sup>b</sup>	0,047	<0,001	<0,001	0,344
NH <sub>3</sub>	12,96 <sup>c</sup>	18,53 <sup>a</sup>	15,78 <sup>b</sup>	18,17 <sup>a</sup>	0,482	<0,001	<0,001	<0,001

EP: ensilaje de pastura de alta calidad, EP + CS: ensilaje de pastura de alta calidad + cascarilla de soja, EP + M: ensilaje de pastura de alta calidad + maíz, EP + C: ensilaje de pastura de alta calidad + cebada.

ESM: error estándar de las medias; P: probabilidad estadística, T: efecto entre tratamiento, h: efecto hora, T x h: interacción entre T y h.

<sup>abc</sup>Diferentes superscritos dentro de una fila ( para cada sustrato) indican que las medias difieren a un nivel de P<0,05.

## DISCUSIÓN

La disminución en el consumo de MS y MO provenientes del forraje cuando los animales eran suplementados era esperada y coincide con lo reportado por varios autores (Elizalde y col., 1999; Reis y Combs 2000; Bargo y col., 2002; Bargo y col., 2003). A su vez, teóricamente los suplementos con menor velocidad de degradación ruminal (ej.: concentrados fibrosos) causan menores disminuciones sobre el consumo de forraje (Bargo y col., 2003); sin embargo en nuestro experimento la disminución del consumo de MS y MO del forraje fue similar entre la CS, el maíz y la cebada. También Bargo y col. (2003) han reportado que el consumo total de la dieta aumenta con la suplementación con concentrados, no obstante en nuestro experimento observamos consumos de MS y MO de la dieta total similares. Este fenómeno puede ser debido a dos factores, por un lado la alta calidad del forraje utilizado, ya que la tasa de sustitución es mayor a medida que aumenta la calidad del forraje ofrecido (Jarrige y col., 1986); y por otro lado la oferta de forraje no fue restringida, ya que a medida que aumenta la disponibilidad de forraje aumenta la tasa de sustitución (Bargo y col., 2002).

Según Van Soest (1994), el principal factor que limita el consumo voluntario de MS en las vacas lecheras es un alto contenido de FND en la dieta, lo que reduce la digestibilidad de la MS. Cuando los valores de digestibilidad de la MS se encuentran por debajo del 67%, el mecanismo de llenado del rumen es predominante en la determinación de consumo, mientras que por encima de este valor de digestibilidad, la regulación se da predominantemente por metabolitos sanguíneos. En el presente trabajo los animales suplementados con CS consumieron aún más cantidad de FND por día que los alimentados exclusivamente con forraje, indicando que no actuaron los mecanismos físicos de la regulación del consumo. Este hecho podría adjudicarse a la alta degradabilidad de la FND de la CS (Salado y col., 2005) y evidenciada por el pH ruminal de los animales suplementados con CS similar a los suplementados con concentrados almidonosos.

En cuanto a la tasa de ingestión se refiere, se ha indicado que la distribución temporal del consumo dentro del día podría diferir entre tratamientos aunque las medias de consumo diario no lo hagan (Dado y Allen, 1994). En nuestro experimento no difirió el comportamiento de la distribución del consumo dentro del día entre grupos, observándose 3 picos de alto consumo en los mismos momentos del día. El primero se dio a primera hora del día, el segundo luego del corte al mediodía y por último al final de la jornada, alrededor de las 21:00 h el tercero. Las altas tasas de consumo al inicio y al final de la jornada, que podrían considerarse parte del comportamiento natural del bovino, ya han sido descritas tanto para animales en pastoreo como estabulados (Jarrige y col., 1995). Sin embargo en animales estabulados, como en este experimento, además deben considerarse factores tales como el momento de distribución del alimento (Jarrige y col., 1995). Así los animales presentaron las mayores proporciones del consumo total en la primer hora luego del inicio de la oferta de alimento y en las 2 horas previas al retiro del alimento al final del día. Por otro lado, luego de un intervalo entre las 12:00 y 13:00 h en que los animales sólo tenían acceso al agua, se

produjo otro pico de consumo. Si bien Dado y Allen (1994) indican que la cantidad ingerida en una comida aumenta a medida que aumenta el tiempo sin alimento, este aumento de la tasa de consumo fue de similar magnitud al del inicio del día luego de 11 horas de ayuno.

La suplementación provocó una disminución del pH promedio, observación que está en concordancia con lo reportado por varios autores suplementando pasturas de alta calidad (Elizalde y col., 1999; Bargo y col., 2002; Sairanen y col., 2005; Cajarville y col., 2006). A pesar de ello, los valores obtenidos no alcanzan el mínimo sugerido por De Veth y Kolver (2001b) de 5,8 para afectar la digestibilidad de una pastura de alta calidad. Más aún, se encuentran por encima del mínimo normal esperado (6,2) para rumiantes consumiendo dietas a base de forraje (Abarca y col., 1999; Cajarville y col., 2000). A su vez Aguerre y col (2010) trabajando con bovinos alimentados con pastura de alta calidad y suplementados con grano de sorgo a diferentes niveles (0%-0,5%-1,0%-1,5%) reporta que si bien los valores medios de pH ruminal disminuyen a medida que se aumenta el nivel de suplementación, éstos no alcanzarían a producir caídas pronunciadas del pH ruminal.

Los diferentes concentrados afectan el pH ruminal con distinta intensidad. Así, se ha reportado que el maíz disminuye el pH con menos intensidad que la cebada (Schwarz y col., 1995; Delahoy y col., 2003). Asimismo también se ha indicado que la CS no disminuye tanto el pH ruminal como los concentrados almidonosos (Ipharraguerre y Clark, 2003). Sin embargo, debido al nivel de suplementación utilizado (1% del PV) los efectos sobre el pH de los diferentes concentrados podrían no mostrar diferencias cuando la dieta base es forraje de alta calidad.

Por otro lado, que la forma de las curvas de la cinética diaria del pH haya sido similar entre los diferentes grupos podría indicar que la suplementación no modificó la cinética fermentativa del forraje.

Los niveles de N-NH<sub>3</sub> en el líquido ruminal son superiores a los considerados como limitantes para la síntesis de PM (Kaufmann y col., 1980; Van Soest, 1994). A su vez los valores obtenidos se asemejan a los de trabajos previos realizados en nuestro país en animales consumiendo pasturas templadas de alta calidad (Cajarville y col., 2006). Por otra parte, se hubiera esperado una menor concentración de N-NH<sub>3</sub> en los tratamientos suplementados debido a su mejor aprovechamiento por los m.o.; esto no ocurrió en este ensayo ya que fueron significativamente más altos los registros para los tratamientos suplementados. Según Oba y Allen (2003) la concentración de N-NH<sub>3</sub> en el rumen puede disminuir como consecuencia de una mayor utilización del mismo para la síntesis de PM, ya sea debido a una alta disponibilidad de energía o a una menor producción amoniacal. Sin embargo, en el tratamiento sin suplementación podría actuar otro mecanismo que haya disminuido la concentración ruminal de N-NH<sub>3</sub> como la absorción a través de la pared ruminal, que aumenta con el incremento de pH ruminal (Kozloski, 2011); por lo tanto este tratamiento que presentó los mayores valores de pH podría haber ocasionado una mayor absorción ruminal de este compuesto nitrogenado.

Las cinéticas diarias de concentración ruminal de  $\text{N-NH}_3$  presentan 3 momentos de altas concentraciones en el correr del día, posteriores a los períodos de alto consumo, indicando rápida liberación de  $\text{N-NH}_3$  al ambiente ruminal debido a la elevada velocidad de degradación de las materias nitrogenadas del forraje.

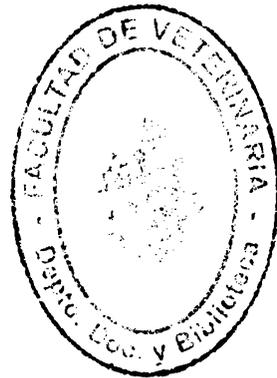
## CONCLUSIONES

La suplementación de forrajes de alta calidad con diferentes tipos de concentrados al 1% del PV si bien disminuyó el consumo de forraje, no afectó el consumo total de alimento.

La suplementación de forrajes de alta calidad con diferentes tipos de concentrados al 1% del PV provocó una disminución moderada del pH ruminal, sin embargo aumentó las concentraciones de N-NH<sub>3</sub> ruminal.

La suplementación de forrajes de alta calidad con cascarilla de soja ocasionó efectos similares a la suplementación con concentrados almidonosos sobre el consumo y el ambiente ruminal.

Los resultados obtenidos sugieren que a nivel productivo la suplementación de forrajes de alta calidad no mejoraría la performance animal, por lo menos al nivel de suplementación utilizado.



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. A.O.A.C. 1990. Association of Official Analytical Chemist. Official Methods of analysis. 15th ed. AOAC, Arlington VA.
2. Abarca S., Ibrahim M., Manneltje L't., Franco M. (1999). Parámetros de fermentación ruminal de animales en pasturas mezcladas gramíneas-leguminosas para el trópico húmedo de Costa Rica. Rev. Fac. Agro. (luz); 16:548-552.
3. Aguerre, M.A. (2010). Suplementación con grano de sorgo a vaquillonas consumiendo una pastura templada: efecto sobre el consumo, el aprovechamiento digestivo y el metabolismo de la glucosa. Tesis de maestría, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay.
4. Aguerre M., Cajarville C., Repetto J.L. (2011) Response to increased sorghum grain supplementation levels: comparison between cattle and sheep. J. Anim. Sci. 89 (E-suppl. 1):764-765.
5. Allen, M.S. (1996). Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. J. Anim. Sci. 74:3063-3075.
6. Arriaga-Jordan, C. M., W. Holmes. (1986). The effect of concentrate supplementation on high yielding dairy cows under two systems of grazing. J. Agric. Sci. (Camb.) 107:453-461.
7. Bargo, F., L. D. Muller, J. E. Delahoy, T. W. Cassidy. (2002). Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. J. Dairy Sci.85:1777-1792.
8. Bargo F., Muller L.D., Kolver E.S., Delahoy J.E. (2003) Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. J. Dairy Sci. 86:1-42.
9. Berzaghi P., Herbein J. H., Polan C. E. (1996). Intake, Site, of lactating and extent of nutrient digestion cows grazing pasture. J. Dairy Sci. 79:1581-1589.
10. Calsamiglia, S., Ferret, A. (2002) Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva: acidosis y meteorismo. XVIII Curso de especialización FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal). Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Eds.:P.G Rebollar, C. de Blas y G.G. Mateos. Barcelona, España. p. 97. Disponible en: <http://www.etsia.upm.es/fedna/publi.htm> Fecha de Consulta: 16/03/2012
11. Cajarville C., Curbelo A., Errandonea N., Alonso M., Aguerre M., Repetto J.L. (2000). Efecto de la suplementación con diferentes granos sobre el ambiente ruminal de bovinos a pastoreo. pH ruminal y cinética de degradación de distintos forrajes. XXI Congreso Mundial de Buiatría, Punta del Este, Uruguay p. 146.
12. Cajarville, C., Aguerre, M.A., Repetto, J.L. (2006). Ruminant pH, NH<sub>3</sub>-N concentration and forage degradation kinetics of cows grazing temperate pastures and supplemented with different sources of grain. Anim. Res. 55:511-520.

13. Cerrato M., Calsamiglia S., Ferret A. (2005). Efectos del tiempo a pH sub óptimos y el número de ciclos sobre la fermentación microbiana ruminal en cultivo continuo Disponible en: [http://www.aidaitea.org/jornada37/3\\_nutricion/6\\_RVNII/rvnii-7\\_cerrato\\_ciclos2005.pdf](http://www.aidaitea.org/jornada37/3_nutricion/6_RVNII/rvnii-7_cerrato_ciclos2005.pdf). Fecha de consulta: 16/03/2012.
14. Church, D.C. (1993). El rumiante, Fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza ed. Acriba, S.A. .p. 127-135.
15. Corbellini, C. (2007) Acidosis ruminal subclínica. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/metabolicas/metabolicas\\_bovinos/05-acidosis\\_suclinica.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/metabolicas/metabolicas_bovinos/05-acidosis_suclinica.pdf) Fecha de consulta: 18 de abril del 2012.
16. Dado R.G., Allen M.S. (1994). Variation in and relationships among feeding chewing, and drinking variables for lactating dairy cows. J Dairy Sci. 77:132-144.
17. Delahoy J.E., Muller L.D., Bargo F., Cassidy T.W., Holden L.A. (2003) Supplemental carbohydrate sources for lactating dairy cows on pasture. J Dairy Sci. 86:906-915.
18. De Veth, M.J., Kolver, E.S. (2001a) Digestion of ryegrass pasture in response to change in pH in continuous culture. J. Dairy Sci. 84:1449-1457.
19. De Veth, M.J., Kolver, E.S. (2001b) Diurnal variation in pH reduces digestion and synthesis of microbial protein when pasture is fermented in continuous culture. J. dairy Sci. 84:2066-2072.
20. Dixon, R.M., Stockdale, C.R. (1999). Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. Aust. J. Agric. Res. 50:757-773.
21. Dijkstra J., Boer H., Van Bruchem J., Bruining M., Tamminga S. (1993). Absorption of volatile fatty acids from the rumen of lactating dairy cows as influenced by volatile fatty acid concentration, pH and rumen liquid volume. Br J. Nutr. 69:385-386.
22. Elizalde, J.C., Merchen, N.R., Faulkner, D.B. (1999). Supplemental cracked corn for steers fed fresh alfalfa: I. Effects on digestion of organic matter, fiber, and starch. J. Anim. Sci. 77:457-466.
23. Elizalde J.C., Santini, F.J (1992). Factores nutricionales que limitan las ganancias de peso en bovinos durante el período otoño-invierno. Bol. Téc., EEA INTA Balcarce, 104: 1-27.
24. Elizalde, J.C. (2003) Alternativas de manejo para engorde de vacunos en sistemas pastoriles. XXXI Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay. p 45-55.
25. FEDNA (2004). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de forrajes y subproductos fibrosos húmedos. II. Subproductos húmedos. S Calsamiglia, A. Bach y A. Ferret. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 28 pp. Disponible en: [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/cascarilla-de-soja](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/cascarilla-de-soja) Fecha de consulta: 10/05/2012

26. Forbes, J.M. (1995). Minimal Total Discomfort, En: Forbes, J.M. Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals. Wallingford. CABI p.204-247.
27. Galli J.R. (1997). Las pasturas como fuente de alimentación de rumiantes. En: Cangiano, C. (Ed) Producción animal en pastoreo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Balcarce. Buenos Aires. p. 27-40.
28. García S.C., Santini F. J., Elizalde J. C., (2000). Sites of Digestion and Bacterial Protein Synthesis in Dairy Heifers Fed Fresh Oats with or Without Corn or Barley Grain . J. Dairy Sci. 83:746–755.
29. Gill M., Siddons R. C., Beever D. E., Rowe J. B. (1986) Metabolism of lactic acid isomers in the rumen of silage-fed sheep. Br J. Nutrition 55(2):399-407.
30. Grant R.J., Van Soest P.J., McDowell R.E. (1974). Influence of Rumen Fluid Source and Fermentation Time on In Vitro True Dry Matter Digeslibility. J. Dairy Sci. 57:1201-1205.
31. Herrera-Saldana R., Huber J.T. Poore M.H. (1990). Dry matter, crude protein, and starch degradability of five cereal grains. J. Dairy Sci. 73: 2386–2393.
32. Hoover, W.H., Miller T.K. (1991) Rumen digestive physiology and microbial ecology. Vet Clin North Am, Food Anim Pract., 7(2): p 311-326.
33. Ipharraguerre I.R., Shabi Z., Clark J.H., Freeman D.E. (2002). Ruminal fermentation and nutrient digestion by dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. J. Dairy Sci. 85:2890-2904.
34. Ipharraguerre I.R., Clark J.H. (2003) Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: a review. J. Dairy Sci. 86:1052-1073.
35. Jarrige, R., Demarquilly C., Dulphy J.P., Hoden A., Robelin J., Béranger C., Geay Y., Journet M., Malterre C., Micol D. and Petit M. (1986). The INRA "Fill Unit" System for predicting the voluntary intake of forage-based diets in ruminants: a review. J. Anim. Sci., 63:1737-1758.
36. Jarrige J. (1990). Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas (INRA), París. Mundi Prensa, 432p.
37. Jarrige J., Dulphy J.P. Faverdin P., Baumont R., Demarquilly C. (1995). Activités d´ ingestion et de rumination. En: Jarrige J., Ruckebusch Y., Demarquilly C., Farce M.H., Journet M. Nutrition des ruminants domestiques: Ingestion et Digestion. Paris. INRA. p 123-121.
38. Kohn R.A., Dunlap T.F. (1998). Calculation of the Buffering capacity of bicarbonate in the rumen and in vitro. J. Anim. Sci., 76:1702-1709.
39. Khalili, H., Sairanen, A. (2000). Effect of concentrate type on rumen fermentation and milk production of cows at pasture. Anim. Feed Sci. Technol. 84:199-212.
40. Kaufmann, W., Hagemeister, H., Dirksen, G. (1980) Adaptation to changes in dietary composition, level and frequency of feeding. En: Ruckebusch, y., Thivend, P. Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants. Westport, AVI, p. 587-593.

41. Kolver, E.S., Muller, L.D., Barry, M.C., Penno., J.W. (1998) Evaluation and application of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System for dairy cows fed diets based on pasture. *J. Dairy Sci.* 81:2029–2039.
42. Kozloski, G.V., (2011). *Bioquímica dos Ruminantes*. Santa María. UFSM. Brasil. 212 p.
43. Lange, A (1980). *Suplementación de pasturas para la producción de carnes*. AACREA, Colección Investigación Aplicada. p 74.
44. Lardy, G.P., Ulmer, D.N., Anderson, V.L., Caton, J.S. (2004). Effects of increasing level of supplemental barley on forage intake, digestibility, and ruminal fermentation in stress fed medium-quality grass hay. *J. Anim. Sci.* 82:3662-3668.
45. Mackie, R.I., White, B.A. (1990) Recent advances in rumen microbial ecology and metabolism: potential impact on nutrient output. *J. Dairy Sci.* 73:2971-2995.
46. Maynard L.A, Loosli J.K., Hintz H.F., Warner R.G (1981). *Nutrición Animal*, 4a ed. Mexico, Mc Graw Hill, 640p.
47. McDonald, P; Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. (2006) *Nutrición animal*, 6a. ed. Zaragoza, Acribia, p. 150-159.
48. Merchen, N. R.; Titgemeyer, E.C. (1992). Manipulation of aminoacid supply to the growing ruminant. *J. Anim. Sci.* 70:3238-3247.
49. Mertens, D.R. (1994). Regulation of forage intake. En: Fahey, G.C., Collins, M., Mertens, D.R., Moser L.E. Ed. *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, W. p.450-493
50. Mould, F.L., Ørskov, E.R. (1984). Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered either hay or concentrate. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10:1-14.
51. Nápoli G.M., Santini F.J. (1987). Dinámica de la digestión ruminal de forrajes frescos. *Rev. Arg. Prod. Anim.*; 7:431-447.
52. Nápoli G.M., Santini F.J. (1988) *Suplementación energético-proteica de forrajes frescos en condiciones de pastoreo: Efecto sobre la digestión ruminal de la fibra*. *Rev. Arg. Prod. Anim. Sup* 8: 1-40.
53. Oba M., Allen M.S. (2003). Effects of diet fermentability on efficiency of microbial nitrogen production in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci:* 86: 195-207.
54. Offner, A., Bach, A., Sauvant, D. (2003). Quantitative review of in situ starch degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106:81-93.
55. Paterson, J.A., Belyea, R.L., Bowman, J.P., Kerley, M.S., Williamscol, J.E. (1994). The impact of forage quality and supplementation regimen on ruminant animal intake and performance. En: Fahey, JR., *Forage quality, evaluation, and utilization*. Madison: ASA, WI. p. 564-612.
56. Pérez Ruchel A. (2006) pH, amoníaco, ácidos grasos volátiles y producción de proteína microbiana en el rumen de corderos, según el horario de corte

- de la pasture consumida. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 36 p.
57. Peyraud, J. L., L. Delaby. (2001). Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. En: Garnsworthy J. y Wiseman P. C., Recent Advances in Animal Nutrition (eds). Nottingham University Press, p. 203-208.
  58. Pigurina, G. (2000). Los Sistemas de Producción de Carne en Uruguay. Disponible en:  
<http://www.delcampoalplato.org/documentos/2000Trabajo00.pdf>; Fecha de Consulta: 7/03/2012.
  59. Rearte, D.H. (1992) Alimentación y composición de la leche en los sistemas pastoriles. Balcarce; CERBAS-INTA. 94 p.
  60. Rearte, D.H.; Pieroni, G.A. (2001) Supplementation of temperate pastures. International Grassland Congress, 19, São Pedro. Sociedade Brasileira de Zootecnia, p 679-689.
  61. Rearte, D.H., Santini, F.J. (1989) Digestión ruminal y producción en animales a pastoreo. Rev. Arg. Prod. Anim. 9: 93-105.
  62. Reis, R. B., D. K. Combs. (2000). Effects of corn processing and supplemental hay on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. J. Dairy Sci. 83:2529-2538.
  63. Repetto, J.L., Cajarville, C., D'Alessandro, J., Curbelo, A., Soto, C., Garín, D., (2005a). Effect of wilting and ensiling on ruminal degradability of temperate grass and legume mixtures. Anim. Res. 54:73-78.
  64. Repetto, J.L., Curbelo, A., Melognio, E., Ortiz, R., Cajarville, C. (2005b). Ruminal degradation of different genotypes of sorghum grain harvested with high or low moisture. VI Congresso Brasileiro de Buiatría. Buzios, R.J., Brazil. p: 88-90.
  65. Robertson J.B., and Van Soest P.J. 1981. The detergent system of analysis and its application to human foods. En: The analysis of dietary fiber in food. Ed. WPT James, O. Theander, M. Dekker. N.Y.
  66. Risso D., (2007) Introducción a las buenas prácticas para la ganadería en áreas protegidas Disponible en:  
<http://www.snap.gub.uy/dmdocuments/Guia%20buenas%20practicas7.pdf> Fecha de consulta: 18 de abril del 2012.
  67. Russell J.B., Donbrowski D.B. (1980) Effect of pH on the efficiency of growth of pure cultures of rumen bacterias in continuous culture. Appl Environ Microbiol; 39:604-609.
  68. Russell J.B., Hespell R.B.(1981). Microbial rumen fermentation. J. Dairy Sci; 64:1153-1169.
  69. Santini, F. (2002). Uso del maíz en sus varios tipos en la alimentación de vacunos para carne en pastoreo y feedlot. 14 p Disponible en:  
<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/nutricion/SANTINI.htm> Fecha de Consulta: 15 de octubre de 2012.

70. Sairanen A., Khalili H., Nousiainen J.I., Ahvenjärvi S., Huhtanen P. (2005). The effect of concentrate supplementation on nutrient flow to the omasum in dairy cows receiving freshly cut grass. *J. Dairy Sci.* 88:1443-1453.
71. Salado E.E., Comeron E.A., Silva C., Gaggiotti M.C., Alesso A. Pardo J. (2005). Cascarilla de soja y afrechillo de trigo: cinética de la degradabilidad ruminal de la fibra. XIX<sup>a</sup> Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Tampico, México, p 1-4.
72. Sauvant D. (1997). Consequences digestives et zootechniques des variations de la vitesse de digestion de l' amidon chez les ruminants. *INRA Prod. Anim.* 10: 287–300.
73. Schwarz F. J., Haffner J., Kirchgessner M. (1995). Supplementation of zero-grazed dairy cows with molassed sugar beet pulp, maize or a cereal-rich concentrate. *Anim Feed Sci Technol* 54:247-258.
74. Stockdale, C.R. (2000). Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in northern Victoria. *Aust. J. Exp. Agric.* 40:913-921.
75. Van Soest P.J. (1994). Intake. En: Van Soest P.J. *Nutritional Ecology of the Ruminant* 2a ed. Ithaca , New York Cornell University. p 337-353.
76. Van Soest, P.J. (1982) *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Oregon Corvallis, 374 p.
77. Van Vuuren A.M., Tamminga, S., Ketelaars, R.S., (1993). Ruminant Ryegrass versus Corn starch or beet pulp fiber diet effects on digestion and intestinal amino acids in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 76: 2692-2700.
78. Voelker J.A; Allen M.S. 2003. Pelleted beet pulp substituted for high/moisture corn:3. Effect on ruminal fermentation, pH and microbial protein efficiency in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 86:3562-3570.