

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**“EFECTO DE LA RESTRICCIÓN EN EL TIEMPO DE ACCESO AL ALIMENTO Y LA ADICIÓN DE MODULADORES DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL SOBRE EL CONSUMO , LA DIGESTIBILIDAD Y EL BALANCE NITROGENADO EN OVINOS ALIMENTADOS CON UNA PASTURA TEMPLADA DE BUENA CALIDAD”**

**Por**

**Maria Florencia SANGUINETTI PERNA**

**TESIS DE GRADO presentada como  
uno de los requisitos para obtener el  
Título de Doctor en Ciencias Veterinarias  
Orientación Medicina Veterinaria**

**MODALIDAD Ensayo Experimental**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2012**

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa: \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Lucia Piaggio

Segundo miembro (Tutor): \_\_\_\_\_

Dra. Cecilia Cajarville

Tercer miembro: \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Alejandro Mendoza

Fecha: 14 de diciembre de 2012

Autor: \_\_\_\_\_

Maria Florencia Sanguinetti

# AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a mi familia por el apoyo y respaldo incondicional durante todo este largo trayecto universitario. A Fede y Martina por todo su amor y apoyo.

A la Dra. Analía Pérez por su gran ayuda y dedicación en todo momento.

A los doctores Cecilia Cajarville y José L. Repetto por su tutoría y cotutoría y el respaldo depositados en mí.

A todos los integrantes del Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Veterinaria, especialmente a Sebastián Brambillasca, Alejandro Britos y Nicolle Pomiés por ayudarme a realizar los trabajos en el laboratorio.

A los integrantes del Departamento de Bovinos de la Facultad de Veterinaria (Martín Aguerre, Alejandro Mendoza y Carolina Fiol) por su ayuda en los trabajos de campo.

A los compañeros con los que compartí el ensayo experimental (Wilder Saavedra, Carolina Iturria, Elisa Almanza, María José López, Gustavo Persak, Rafael Vera, German Soldini, Manuel Michelini y Luis Pérez).

Al personal del campo experimental N° 2 (Libertad) de Facultad que hicieron posible que el ensayo se pudiera llevar a cabo.

# TABLA DE CONTENIDO

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| PAGINA DE APROBACION  | 2             |
| AGRADECIMIENTOS   | 3             |
| LISTA DE CUADROS  | 5             |
| LISTA DE ABREVIATURAS   | 6             |
| <b>1 RESUMEN</b>  | <b>8</b>      |
| <b>2 SUMMARY</b>  | <b>9</b>      |
| <b>3 INTRODUCCIÓN</b>   | <b>10</b>     |
| <b>4 REVISION BIBLIOGRÁFICA</b>                                 |               |
| - Consumo y aprovechamiento digestivo y metabólico de la dieta  | 11            |
| -Utilización de pasturas  | 14            |
| -Tiempo de acceso al alimento                                   | 15            |
| -Utilización de aditivos moduladores de la fermentación ruminal |               |
| -Buffers  | 16            |
| - Levaduras   | 18            |
| <b>5 HIPÓTESIS</b>  | <b>20</b>     |
| <b>6 OBJETIVOS</b>  |               |
| -General  | 20            |
| -Particulares   | 20            |
| <b>7 MATERIALES Y MÉTODOS</b>                                   |               |
| -Diseño experimental, animales y dieta                          | 21            |
| -Mediciones y Cálculos  |               |
| -Consumo  | 22            |
| -Digestibilidad <i>in vivo</i>                                  | 22            |
| -Balance Nitrogenado  | 22            |
| -Análisis Químicos  | 22            |
| -Análisis Estadísticos  | 23            |
| <b>8 RESULTADOS</b>   |               |
| -Consumo  | 24            |
| -Digestibilidad aparente  | 25            |
| -Balance de Nitrógeno   | 26            |
| <b>9 DISCUSIÓN</b>  |               |
| -Tiempo de acceso   | 27            |
| -Uso de aditivos  | 28            |
| <b>10 CONCLUSIONES</b>  | <b>30</b>     |
| <b>11 BIBLIOGRAFÍA</b>  | <b>31</b>     |

# LISTA DE CUADROS

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>CUADRO 1</b> Factores que afectan el consumo voluntario de los animales   | 12            |
| <b>CUADRO 2</b> Composición química de la pastura utilizada como dieta base en el experimento  | 21            |
| <b>CUADRO 3</b> Consumo diario del alimento en gramos por kilo de peso vivo en borregos alimentados con forraje fresco todo el día (TD) o durante 6h/d sin aditivos (R) o con aditivos, buffers (RB) o levaduras (RS)  | 24            |
| <b>CUADRO 4</b> Coeficientes de digestibilidad aparente de los diferentes parámetros en borregos alimentados con forraje fresco en relación con el tiempo de acceso al alimento (todo el día: TD vs 6h: R) y el uso o no de aditivos (buffers: RB o levaduras: RS) | 25            |
| <b>CUADRO 5</b> Nitrógeno ingerido, eliminado en heces, eliminado en orina y retenido (gramos/ día ) en borregos alimentados todo el día (TD) o 6 h/d sin aditivos (R) o con aditivos, buffers (RB) o levaduras (RS)   | 26            |

# LISTA DE ABREVIATURAS

AGV: ácidos grasos volátiles

AS: azúcares solubles

CH: carbohidratos

DFM: direct feed microbial

FAD: fibra ácido detergente

FND: fibra neutro detergente

MgO: óxido de magnesio

MO: materia orgánica

mo: microorganismos

MS: materia seca

N: nitrógeno

NaHCO<sub>3</sub>: bicarbonato de sodio

NNP: nitrógeno no proteico

PB: proteína bruta

Pka: constante de disociación.

PM: proteína microbiana

PV: peso vivo

PV<sup>0,75</sup>: peso metabólico

R: acceso a la pastura durante 6 h al día (tratamiento R).

RB: acceso a la pastura durante 6 h al día y suplementación con buffers (tratamiento RB).

RS: acceso a la pastura durante 6 h al día y suplementación con Sc (tratamiento RS).

Sc: *Saccharomyces cerevisiae*

TD: acceso a la pastura todo el día (tratamiento TD)

## 1. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la restricción en el tiempo de acceso a la pastura y la adición de compuestos buffer o probióticos sobre la ingestión, la utilización digestiva y el balance de nitrógeno en ovinos consumiendo una pastura templada. Veinticuatro borregos alimentados con una pastura (80% de *Lotus corniculatus*) fueron alojados en jaulas metabólicas y distribuidos en cuatro tratamientos: pastura fresca suministrada durante veinticuatro horas (TD), pastura fresca suministrada por seis horas (R), pastura fresca suministrada por seis horas más el agregado de buffer (RB, 2% de la MS ingerida con 75% de NaHCO<sub>3</sub> y 25% de MgO) pastura fresca suministrada por seis horas más el agregado de levaduras (RS, 6,2X10<sup>9</sup> UFC/animal/día de *Saccharomyces cerevisiae*). Se estimó el consumo de cada fracción de la dieta mediante medidas diarias de las ofertas y rechazos. Para calcular la digestibilidad se almacenó diariamente una muestra de materia fecal. A partir de la colecta diaria de orina se estimó también el N retenido. Los datos fueron comparados entre tratamientos usando el procedimiento GLM del SAS. La restricción en el tiempo de acceso disminuyó el consumo de las diferentes fracciones (TD vs. R, P <0,001), sin embargo la utilización de aditivos (RB + RS) marco una tendencia a aumentar el consumo de MS respecto de R (P=0,096). La digestibilidad no fue afectada por la restricción en el tiempo de acceso, sin embargo el uso de levaduras (RS) aumentó la digestibilidad de la FND (0,52) respecto del grupo RB (0,43) P=0,028. Los animales restringidos retuvieron menos N respecto a los alimentados todo el día (P=0,003), por otra parte, los suplementados con levaduras presentaron una tendencia a eliminar menos N en orina (P=0,073), así como también a retener más N (P=0,10). Se concluye que la restricción en el tiempo de acceso disminuyó el consumo y provocó una menor retención de N, sin afectar la digestibilidad. El agregado de levaduras llevó a un mayor coeficiente de digestibilidad de la fibra, además de disminuir el N eliminado en orina y aumentar el N retenido.

**Palabras claves:** pastura templada, tiempo de acceso, consumo, digestibilidad, balance de nitrógeno.



## 2. SUMMARY

The aim of this work was to study the effect of the restriction in the time of access to forage and use of buffer or yeast on intake, digestibility, and N balance in ovines feed a temperate pasture. Twenty four wethers housed in metabolic cages, were fed fresh forage (80% *Lotus corniculatus*) and assigned to four groups. AD: forage available all day; R: forage available for 6 h/day; RB: forage available for 6 h/day plus buffer (2% DM, 75% NaHCO<sub>3</sub>, 25% MgO), RS: forage available for 6 h/day plus yeast ( $6.2 \times 10^9$  CFU/d *Saccharomyces cerevisiae*). Offered and rejected forage were measured daily to estimate intake. Daily fecal samples were used to estimate digestibility and daily urine was collected to estimate retain N. Data were compared between treatments using the SAS GLM procedure. Restricted time of access decreased intake (AD vs. R,  $P < 0.001$ ), however additives (RB+ RS) tended to improve DM intake compared to R ( $P = 0.096$ ). Digestibility was not affected by the restriction in time of access, but yeast (RS) improved NDF digestibility (0.52) respect to RB (0.43)  $P = 0.028$ ). Restricted animals retained less N respect to AD ( $P = 0.003$ ), and RS tended to retain more N (8.42 g/d  $P = 0.10$ ) and to eliminate less urinary N (4.55 g/d  $P = 0.073$ ). It was concluded that the restriction on the time of access to forage decreased intake and the retained N without affecting digestibility. Yeast addition increased fiber digestibility and improved N balance.

Keywords: temperate pasture, time of access, intake, digestibility, N balance.

### 3. INTRODUCCIÓN

Desde los últimos años en nuestro país la agricultura representa un rubro de gran rentabilidad por lo que la producción pecuaria tanto de carne como de leche se ve obligada a competir de forma eficiente.

Para que la producción animal sea eficiente es necesario desarrollar estrategias que permitan producir la misma cantidad de kilos de carne o litros de leche en superficies más reducidas. Es necesario acelerar procesos, aumentar los niveles de producción y maximizar los recursos disponibles. Un ejemplo claro de intensificación es la producción lechera que ha crecido en más de un 30% en las últimas tres décadas (DIEA, 2008). Se duplicaron los litros por hectárea, lo que estuvo muy relacionado con los altos niveles de suplementación (concentrados y reservas de forraje), aunque la base del sistema sigue siendo esencialmente pastoril y es por este motivo que resultan relevantes los aspectos relacionados a la producción y utilización de forrajes bajo pastoreo.

Con respecto a la producción ovina, se ha producido una disminución en el número de ovinos, verificada a partir de 1999 hasta el 2004, producto del descenso en el precio de la lana. Esta disminución determinó un cambio en la estructura del stock ovino, orientándose hacia la cría en desmedro de la categoría capones (Montossi et al., 2005). Por lo tanto, en los últimos años la producción de carne de cordero se ha consolidado como una importante alternativa productiva, complementando, y en muchos casos superando, a la producción de lana. Esta última, y durante varias décadas, constituyó el principal producto de nuestras explotaciones ovejeras tradicionales y fue la principal fuente de ingreso de sus productores. El incremento en los precios y la demanda de la carne ovina en el mercado mundial, aunque no siempre reflejado en el mercado local, ha potenciado las oportunidades de desarrollo de la producción a nivel nacional, superando a las más optimistas expectativas, posicionando a esta producción dentro del rubro, como una de las alternativas más atractivas de la actualidad (Ganzabal et al., 2007). Para producir carne de manera más eficiente es necesario poner en práctica un manejo nutricional adecuado en los sistemas intensivos y semi intensivos de producción ovina (Bianchi, 2007).

En los sistemas más intensivos de producción en general, se utilizan pasturas de elevada calidad pero cuya disponibilidad puede ser limitante. De esta manera, en los sistemas semi-intensivos de producción de carne y de leche, el forraje comúnmente es suministrado a los animales pocas veces al día para maximizar su uso. Esto lleva a que el tiempo de acceso de los animales al forraje en general sea restringido diariamente y durante varios momentos del año. Esta restricción frecuentemente, induce en los animales, en forma compensatoria, a pastoreos intensivos de grandes cantidades de forraje, se produce un cambio en el comportamiento ingestivo y los patrones de digestión lo que lleva a mejorar la performance animal (Chilibroste et al., 2004). Prácticas de manejo que involucran sesiones de pastoreo más cortas y que ocurren en la tarde, generalmente resultan en sesiones iniciales más largas, mayores tasas de consumo, reducción en el tiempo de rumia durante la sesión de pastoreo, pronunciadas caídas en el pH ruminal, así como incrementos en la concentración de los productos de la fermentación y llenado ruminal (Chilibroste et al., 1997). Por el contrario, se ha encontrado que cuando el régimen de alimentación es continuo las fluctuaciones del pH ruminal durante el día son débiles o poco notorias (Pérez et al., 1997).

La mayor parte de los trabajos realizados respecto al tiempo de acceso a la pastura han sido realizados utilizando vacas lecheras, en ovinos hay poca información.

Pérez-Ruchel (2006) trabajó con ovinos alimentados en forma restringida con una pastura fresca como único alimento en su dieta, ofrecida solamente una vez por día y durante 4 horas. Si bien en este trabajo no se comparó con animales sometidos a un régimen de alimentación continuo, se registró una caída del pH ruminal importante así como también altas concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV). Estudios realizados en nuestro país muestran que el ambiente ruminal de animales que consumen pasturas templadas es diferente al considerado óptimo (Cajarville, et al. 2000). Por lo tanto, la utilización de moduladores de la fermentación ruminal en animales alimentados solo con pasturas de buena calidad suministradas en forma restringida podría resultar una herramienta muy beneficiosa.

Existen diversos compuestos que modulan positivamente la fermentación ruminal, y que agregados a la dieta del rumiante provocan modificaciones de los procesos digestivos y metabólicos de los animales que se traducen en el aumento de la eficiencia de utilización de los alimentos (Carro y Ranilla, 2002). Entre estos compuestos los más utilizados en la práctica han sido los antibióticos (ionóforos), las sustancias buffer, y, más recientemente, el grupo de los probióticos (NRC, 2001; Krause y Oetzel, 2006). Es común el uso de aditivos (levaduras o buffers) cuando se usan concentrados para la alimentación animal intensiva, no así cuando el alimento es una pastura templada.

En nuestro trabajo estudiamos el efecto del agregado de aditivos (buffers y levaduras) sobre la digestibilidad, el consumo y el balance de nitrógeno en ovinos alimentados con una pastura fresca y con restricción en el tiempo de acceso a la misma.

## **4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **Consumo y aprovechamiento digestivo y metabólico de la dieta**

La productividad de los rumiantes está determinada por el consumo de materia seca (MS), la cantidad de nutrientes digeribles de la misma y la eficiencia con que estos nutrientes son utilizados y transformados en productos (Schneider y Flatt, 1975).

El consumo voluntario es la cantidad (peso) del alimento ingerido por un animal o grupo de animales durante un período de tiempo determinado, en el cual tienen libre acceso al alimento (Forbes, 2007). Distintos factores afectan el consumo voluntario de los animales, factores dependientes del animal, del alimento o del manejo y ambiente (ver Cuadro 1).

### Cuadro 1: Factores que afectan el consumo voluntario de los animales

| ANIMALES             | ALIMENTO             | MANEJO Y AMBIENTE        |
|----------------------|----------------------|--------------------------|
| - Sexo               | - composición        | - tiempo de acceso       |
| - genotipo           | - digestibilidad     | - anabólicos             |
| - peso vivo          | - tasa de pasaje     | - aditivos               |
| -estado fisiológico  | - forma física       | - espacio de alojamiento |
| - edad               | - contenido de MS    | - espacio de comedero    |
| -producción de leche | - palatabilidad      | - fotoperiodo            |
| - etapa de lactación | - contenido de grasa | - temperatura            |
| -alimentación previa |                      | - humedad                |
| -condición corporal  |                      |                          |
| - enfermedad         |                      |                          |

Adaptado de Favardin et al., 1995

En general, cuando los rumiantes ingieren alimentos voluminosos, se considera que el nivel máximo de ingestión está limitado por la capacidad del rumen. En este caso, los receptores de la repleción y tensión de las paredes del rumen le indican al animal el “llenado” del mismo (McDonald, 2006).

El consumo diario frecuentemente es referido al peso metabólico ( $PV^{0,75}$ ), debido a que se asume que el consumo de un animal depende de los requerimientos metabólicos del mismo (Van Soest, 1994). Cuanto mayor sea el consumo diario de MS de los animales, mayores serán las posibilidades de aumentar las producciones diarias (McDonald, 2006). En particular, la estimación de la cantidad diaria de MS digestible ingerida por un animal es una medición esencial para hacer inferencias nutricionales sobre el alimento y la producción animal resultante (Van Soest, 1994).

La digestibilidad de los alimentos representa la cantidad de alimento que no se excreta en las heces y que por tanto se considera absorbido por el animal (McDonald, 2006). Algunos de los factores que afectan a la digestibilidad del alimento son la cantidad y composición de los alimentos, la composición de la dieta total, los tratamientos efectuados sobre los alimentos, la suplementación con enzimas o aditivos, y otros factores que dependen del animal y nivel de alimentación. La especie forrajera, la parte de la planta ingerida y la etapa fisiológica del vegetal afectan la composición del forraje consumido (Elizalde et al., 1999).

En trabajos realizados en nuestro país, utilizando pasturas templadas, reportaron elevados valores de digestibilidad aparente (*in vivo*) de la MS superior a 70%, debido a la elevada digestibilidad de la fibra (Aguerre et al, 2009). Al respecto, Tebot, (2008), trabajando con ovejas adultas alimentadas con un forraje fresco (90 % gramíneas, principalmente avena) en dos estados vegetativos (temprano o tardío) y suplementando o no con grano de cebada o melaza, encontró que la digestibilidad de la fibra neutro detergente (FND) de las pasturas fue

mayor en el forraje cortado en un estado vegetativo más temprano (68 vs 66 %), debido quizás al menor contenido en lignina del mismo.

Igualmente conocer la digestibilidad del forraje es a menudo de poco valor, si no se cuenta con información sobre la cantidad que los animales consumirán (Ørskov y Ryle, 1990).

Entre el nivel de consumo y la digestibilidad existe una alta correlación, sobre todo cuando los valores de digestibilidad del forraje son elevados, entre un 60 y 80 % (Cangiano, 1997), ya que cuanto más digestible es un alimento más rápido circula por el tubo digestivo. Por otro lado, la composición química de los alimentos, en particular la cantidad de paredes celulares digestibles también determina, en gran medida, la cantidad total que se va a digerir. En este caso existe una relación negativa entre el contenido de paredes celulares de un alimento y el ritmo al cual éstos son degradados (McDonald, 2006).

En el rumen tiene lugar una considerable degradación y síntesis de proteínas, de modo que los productos que finalmente quedan disponibles para su absorción, pueden ser muy diferentes de los que se encontraban en los alimentos. La proteína que integra las células de la microbiota ruminal tiene un alto valor biológico y puede representar entre un 50 a un 80% de la proteína total absorbida por un rumiante (Nocek y Russell, 1988; Bach et al., 2005); los microorganismos (mo) pueden aprovechar tanto los aminoácidos de la dieta así como también fuentes de nitrógenos no proteico (NNP) para desarrollarse, lo que permite utilizar fuentes de nitrógeno (N) económicas en la dieta para satisfacer los requerimientos del animal. Es necesario para lograr una buena multiplicación bacteriana e incrementar el flujo de proteína microbiana (PM) al duodeno una correcta sincronización del aporte de materias nitrogenadas y carbohidratos (CH) de fácil fermentación al rumen (Russell et al., 1983; Branine y Galyean, 1990; Berzaghi et al., 1996).

Acosta y Carbone (2010), trabajando con vaquillonas alimentadas con diferentes niveles de inclusión de grano de sorgo a una pastura fresca encontraron que la retención de N aumentó con la suplementación. De acuerdo con Hoekstra et al. (2007) la suplementación implicaría una mejora en la eficiencia de utilización del N, aumentando las cantidades de N retenido y reduciendo su eliminación al ambiente.

La cantidad de proteína retenida por los animales puede no guardar relación directa con el peso vivo (PV) de los mismos, lo cual dificulta su determinación. A través de la determinación del balance de nitrógeno, podemos conocer, de forma más exacta, la cantidad de proteína retenida. Para esto es necesario considerar el N ingerido con la dieta, el eliminado con las heces y con la orina. Si la ingestión de N es igual a la excreción el animal presenta un equilibrio nitrogenado, si esta supera la excreción es un balance positivo, y si la ingestión es menor a la excreción se encuentra en un balance negativo (McDonald, 2006).

Aparte del agregado de CH de fácil fermentación existen otras herramientas disponibles para aumentar la utilización del N por el animal como ser el agregado de aditivos en la dieta de los animales. En particular en algunos trabajos se encontró que el bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) tendría efectos benéficos sobre la retención de N, lo que implicaría también una mejora en su utilización (Kawas et al., 2007). En el mismo sentido, Hristov et al. (2010), trabajando con vacas Holando en lactancia temprana alimentadas con una ración totalmente mezclada y suplementadas

con levaduras encontraron una pequeña reducción en el N eliminado por orina en los animales suplementados respecto al control.

## **Utilización de pasturas**

La utilización de nutrientes por parte de los rumiantes involucra una triple interacción entre el animal, el alimento y la población microbiana. Aspectos particularmente importantes de esta interacción y determinantes de la eficiencia de producción en pastoreo son, por un lado las características de las pasturas y por otro el comportamiento ingestivo del animal. Los animales tienen la capacidad de modificar su comportamiento en respuesta a cambios en la estructura vegetal o en el tiempo disponible de pastoreo para mantener su nivel de consumo (Vera y Vega, 1986).

Resulta necesario un óptimo ambiente ruminal que maximice la actividad bacteriana aumentando de tal forma la digestibilidad del forraje y la producción de masa bacteriana (Rearte y Santini, 1989). Además, el ambiente ruminal tiene repercusiones sobre el sitio de digestión del alimento. Por lo tanto, determinará no sólo la concentración y perfil de sus componentes sino que también afectará el aprovechamiento integral de los alimentos (Nocek y Tamminga, 1991; Taylor y Allen, 2005). Por esta razón, las estrategias de alimentación en rumiantes actualmente tienden a optimizar la producción microbiana a nivel ruminal (Stern et al., 1994; Schingoethe, 1996).

En general, la utilización de pasturas maneja un alimento muy variable, tanto en cantidad (oferta) como en calidad. Respecto a la calidad, los CH de las plantas forrajeras constituyen entre el 50 a 80 % de la MS y pueden ser clasificados en tres categorías, desde un punto de vista fisiológico: polisacáridos estructurales, principalmente pectinas, celulosa y hemicelulosas; azúcares simples, que actúan en el metabolismo intermediario, y componentes de reserva temporaria como fructanos y sucrosa (Van Soest, 1994). Éstos últimos tienden a ser bajos, lo que limitaría la eficiencia de utilización del N por los mo del rumen (Khalili y Sairanen, 2000; Trevaskis et al., 2001).

La dieta base para la producción de rumiantes en Uruguay es forrajera, en base a pasturas templadas. En los sistemas semi-intensivos, durante gran parte del año las praderas implantadas o los cultivos anuales presentan una elevada digestibilidad y altos contenidos en materias nitrogenadas (Piaggio et al., 2003), además proveen a los mo ruminales un sustrato de rápida fermentescibilidad y alto contenido de proteína bruta (PB) de rápida degradación ruminal (Repetto et al., 2005), pero con niveles variables de azúcares solubles. Aunque la calidad del forraje es muy elevada, la cantidad de que se dispone puede ser un recurso limitante, por lo que en general los pastoreos se realizan en horarios restringidos para así maximizar el uso de la pastura y la respuesta animal resultante.

## **Tiempo de acceso al alimento**

El control del tiempo de acceso es una herramienta de manejo de bajo costo que permite mejorar la eficiencia de utilización de los recursos alimenticios, esencialmente la pastura.

En condiciones de pastoreo, la restricción en el tiempo de acceso diario a la pastura puede tener diferentes razones, como mejorar el manejo de la pastura (evitar el pisoteo, hacer más eficiente el uso de la pastura), o cuidar los animales (por ejemplo protegerlos de predadores, o evitar posibles alteraciones digestivas como el meteorismo). En algunos sistemas de pastoreo ovino el consumo de forraje es restringido durante gran parte del año para poder así optimizar el uso del mismo (Coleman y Henry, 2002).

Cuando los animales son sometidos a una restricción en el tiempo de acceso al alimento, se producen períodos de ayuno más o menos prolongados. Frecuentemente al finalizar dichos periodos los animales ingieren el alimento ofrecido con un ritmo de ingestión más acelerado (Forbes y Mayes, 2002).

Los efectos de la reducción en el tiempo de acceso a los alimentos son variables. Gekara et al. (2005), trabajando con ganado de carne en pastoreo durante 24 o 12 horas por día, indicaron que los animales con 12 horas de acceso al forraje compensaron la restricción mediante un aumento de su tasa de ingestión en el mismo rango que disminuyó el tiempo de pastoreo. No obstante, en trabajos realizados con novillos alimentados variando el número de comidas diarias se han constatado mayores ganancias de PV cuando el alimento es administrado en 4 o más comidas diarias respecto a 1 o 2, registrándose un efecto similar en ovinos (Gibson, 1981). Además, este autor, indicó que esta respuesta ocurriría principalmente en animales jóvenes (bovinos de menos de 200 kg de PV y ovinos de menos de 1 año de edad).

Trabajos realizados por Zuccari et al. (2007) estudiando el efecto de la restricción en el tiempo de pastoreo durante la lactancia en ovinos encontraron que el consumo voluntario mostró diferencias significativas a favor de los animales que tenían acceso a la pastura todo el día respecto de los que estaban bajo pastoreo restringido. En el mismo sentido, estudios realizados con vacas lecheras consumiendo dietas mixtas compuestas por forrajes y concentrados, también encontraron que los animales no lograron compensar los efectos de la restricción sobre el consumo cuando el tiempo de acceso al forraje fue menor de 8 h (Kristensen et al., 2007; Kennedy et al., 2009). La mayor parte de los trabajos se han focalizado en los efectos de la restricción sobre el consumo y la producción.

Aunque son escasos los estudios sobre animales alimentados sólo con pasturas, existe un trabajo reciente realizado con vacas lecheras a pastoreo sin suplementación (Pérez-Ramírez et al., 2009). Estos autores, observaron que los animales sometidos a restricción no fueron capaces de mantener el consumo de MS ni la producción de leche.

En nuestro país, restricciones en el tiempo de pastoreo de ovinos durante la recría estival no resultaron limitantes en su posterior desempeño en la invernada futura (Garibotto y Bianchi et al., 2007). Cajarville et al., (2006), trabajaron con ovinos que consumían pastura como único alimento durante 4 horas al día. Estos autores comunican altas concentraciones de AGV totales y

bajos valores de pH ruminal, persistentes durante varias horas, indicando que la actividad de la microbiota ruminal podría estar afectada. Un tiempo de acceso al alimento más prolongado reduciría las fluctuaciones en el ambiente ruminal posterior a la alimentación, lo que promovería una mayor eficiencia de fermentación (Castro et al, 2002; Freer et al., 2007).

En base a lo expuesto anteriormente, es posible pensar en el uso de aditivos moduladores de la fermentación ruminal en animales alimentados únicamente con pasturas y con acceso restringido a la misma.

## **Utilización de aditivos moduladores de la fermentación ruminal.**

Distintos tipos de aditivos han sido utilizados no sólo para mejorar las características de las materias primas, sino también para mejorar la producción animal, y prevenir enfermedades (McDonald, 2006). En los sistemas de alimentación con alta proporción de concentrados se utilizan de rutina aditivos para mitigar las bajadas bruscas de pH ruminal y sus consecuencias (Hutjens, 1991; NRC, 2001).

Con el fin de mejorar el funcionamiento del rumen, reducir las pérdidas de energía y de nutrientes y así aumentar la eficiencia de producción de los rumiantes, el uso de antibióticos incluidos en la dieta en niveles sub-terapéuticos ha constituido una herramienta efectiva para este propósito (Caja et al., 2003). No obstante, debido a la generación de resistencia microbiana a los antibióticos, han sido estudiados otros tipos de aditivos como las sustancias buffer y los probióticos. Estos aditivos son considerados como seguros e inocuos (FDA, 2009), por lo que son de creciente interés.

### **Buffers**

Los compuestos buffer son una combinación de un ácido débil y su sal (Hutjens, 1991), como es el bicarbonato sódico, carbonato sódico, y carbonato cálcico. En condiciones fisiológicas, para ser considerados como buffers deben cumplir con ciertos requisitos: ser solubles en agua, ser un ácido o base débil, y tener una constante de disociación (pka) cercana al pH fisiológico del sistema amortiguado (Erdman, 1988). El mecanismo de acción específico no está claramente definido. Los mismos actuarían resistiéndose a los cambios en las concentraciones de hidrogeniones, tamponando los hidrogeniones producidos a nivel ruminal y/o diluyendo su contenido (McDonald., 2006).

En general, su uso beneficiaría a los animales en distintas circunstancias, como por ejemplo cuando son alimentados a intervalos poco frecuentes o con dietas muy fermentescibles (NRC, 2001).



El  $\text{NaHCO}_3$  es el buffer más comúnmente utilizado en la alimentación del rumiante (Krause y Oetzel, 2006; Enemark, 2008; Bodas et al, 2009) en forma aislada o no. Este compuesto, generalmente, es reconocido como un buffer eficiente, debido a su elevada capacidad de combatir o tamponar la acidez producida en el rumen (NRC, 2001., Erdman, 1988., Russell y Chow, 1993), ayudando a mantener a pH neutro el rumen (Hussain y Miller, 1999). El  $\text{NaHCO}_3$  se caracteriza por un pKa muy cercano al pH ruminal fisiológico (pka=6,25). Luego de ingresar al rumen, el  $\text{NaHCO}_3$  se disocia en sodio y bicarbonato. A un pH bajo el bicarbonato se queda de esa forma, mientras que a un pH alto muchos de los iones bicarbonatos se podrían convertir en ácido carbónico y liberar anhídrido carbónico (Turner y Hodgetts, 1954; Russell y Chow, 1993).

El óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) es una sustancia alcalinizante, que si bien en la práctica es considerada como un buffer, no cumple con todos los requisitos necesarios para ser considerado como tal: no tiene un pka definido y tiende a ser relativamente insoluble en agua.

En diversos estudios con vacas en lactación, alimentadas con dietas con una elevada proporción de concentrados y baja de fibra, la utilización de  $\text{MgO}$  ha aumentado el contenido de grasa de la leche (Thomas y Emery, 1969; Erdman, 1988; Xin et al., 1989). Los aumentos en el porcentaje de grasa de la leche se asocian con incrementos en la digestión de la FND y fibra ácido detergente (FAD), lo cual genera una mayor relación acetato: propionato. Cuando el  $\text{MgO}$  ha sido utilizado en combinación con el  $\text{NaHCO}_3$ , las respuestas han sido aditivas (Erdman et al., 1982). En animales alimentados con dietas constituidas primordialmente con silo de maíz, se han observado, además de aumentos en la ingesta, aumentos en la producción de leche tras la adición de  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{MgO}$  y otros buffers (Erdman, 1988).

Diferentes investigadores han estudiado los efectos de la adición de  $\text{NaHCO}_3$  y  $\text{MgO}$  en la dieta de corderos, Kawas et al. (2007), trabajando con corderos en terminación, alimentados con una dieta rica en concentrados, encontraron que la adición de  $\text{NaHCO}_3$  en la dieta aumentó el consumo de MS de los animales. Santra et al. (2003), evaluando la inclusión de distintas proporciones  $\text{NaHCO}_3$  en una dieta altamente concentrada, observaron que dicha inclusión aumentó la digestibilidad de la celulosa, el número de protozoarios ciliados, el pH ruminal y la concentración total de N, resultando en un mayor crecimiento de los animales. Tripathi et al. (2004) encontraron que el uso de  $\text{NaHCO}_3$  como aditivo en la alimentación de corderos a los que se le dio una dieta alta en concentrados, aumentaba la digestibilidad de la FAD y de la FND, además el consumo diario de dichos animales aumentó linealmente.

Los trabajos realizados en ovinos son, en la mayoría de los casos, con animales alimentados con dietas de terminación con alta proporción de concentrados, hay pocos trabajos realizados en ovinos con pasturas de buena calidad. Si tenemos en cuenta que el ambiente ruminal de animales pastoreando praderas templadas de alta calidad es distinto del que según la bibliografía sería un ambiente ruminal óptimo para el crecimiento y actividad microbiana y se semejaría al ambiente ruminal de animales que consumen altas proporciones de concentrados en la dieta y que en diferentes trabajos se encontró que el pH ruminal de animales en pastoreo fue inferior al óptimo necesario para la digestión de la fibra, y este efecto se incrementó cuando se utilizaron pasturas de calidad superior, y sobretodo de avena. Esto se debería a que las pasturas de mayor calidad presentan un mayor contenido de CH solubles y un menor contenido de fibra, lo que conduce a un pH ruminal más bajo (Rearte y Santini, 1989), de acuerdo a esto el uso de buffers podría ser una alternativa.

## Levaduras

Otro tipo de aditivos utilizados comúnmente, debido entre otras razones a su capacidad de estabilizar el pH del rumen, son los probióticos (Caja et al., 2003). Los probióticos son microorganismos vivos que, adicionados a la dieta, benefician a los animales hospedadores mejorando el equilibrio microbiano del tubo digestivo (McDonald., 2006), estimulando ciertas cepas de bacterias del tubo digestivo a expensas de las menos deseables. Si bien el término probiótico aún continúa siendo utilizado con frecuencia, el término implicaría una cierta naturaleza curativa, por lo que en Estados Unidos se utiliza un término más genérico, “direct feed microbials” (DFM), para describir a estos aditivos alimentarios microbianos (Denev et al., 2007).

Los probióticos más utilizados para rumiantes son las levaduras vivas (*Saccharomyces cerevisiae: Sc*). Las cepas de *Sc*, vivas, han sido las más estudiadas y utilizadas en la alimentación de los rumiantes (Guedes et al., 2008). Estas levaduras son capaces de multiplicar en el rumen y brindar efectos beneficiosos sobre la flora celulolítica y en el crecimiento y productividad de su huésped (Wiedmeier et al., 1987, Dawson y Newman, 1988). Según algunos autores, la adición de levaduras influenciaría en la fermentación y ayudaría al ecosistema ruminal a lidiar con el ambiente que generan por ejemplo dietas ricas en CH solubles que fermentan rápidamente (Desnoyers et al., 2009).

El mecanismo de acción específico de *Sc* no está claramente definido, pero parecería ser que su principal acción sería su capacidad para consumir oxígeno dentro del rumen del animal. De esta manera, mejorarían las condiciones de anaerobiosis y, por ende, el crecimiento de la microbiota ruminal, en especial de aquellos mo que son más dependientes de la anaerobiosis, como son algunos de los mo celulolíticos (como el *Fibrobacter succinogenes*) y consumidores de lactato (como *Selenomonas ruminantium* y *Megasphaera elsdenii*) (McDonald, 2006, Rossi et al., 1995, Chaucheiras et al., 1997).

El pH ruminal juega un rol fundamental en la regulación del ecosistema ruminal especialmente para los microorganismos sensibles a pH bajos como las bacterias celulolíticas (Russell y Wilson, 1996). De acuerdo a investigadores como Williams et al. (1991) y Marden et al. (2008) las levaduras estabilizan el pH ruminal porque no permiten la acumulación de lactato en el rumen. El ácido láctico es un ácido orgánico, más fuerte que los AGV, producido principalmente por el *Streptococcus bovis*, y es el responsable de los cuadros de acidosis agudas (Radostits et al., 2002). Por lo tanto, *Sc* no sólo aumentaría la utilización de lactato sino que también limitaría la cantidad que es producida.

Tras la adición de *Sc* en una dieta totalmente mezclada de vacas lecheras, se ha constatado la reducción de la acumulación ruminal de ácido láctico (Erasmus et al., 2005). Investigadores encontraron que el consumo voluntario de terneros alimentados con concentrados se ve aumentado cuando se modula el pH por medio de la reducción de la concentración de ácido láctico. Aunque el ácido láctico no es usado como sustrato por las levaduras para crecer, la reducción de la concentración de éste se puede producir por: el uso de un precursor del lactato por las levaduras, la inhibición de la producción de lactato o por la estimulación del uso de lactato por parte de otros microorganismos (Fallon y Harte, 1987; Hughes, 1988).

Williams et al. (1991) observaron que el consumo de MS de vacas Holando en lactación aumentaba en 1,2 kg por día al ser suplementadas con levaduras. En el mismo sentido, Carro et al. (1992), utilizando dietas ricas en concentrados, *in vitro*, detectaron que la adición de *Sc* aumentó la digestión de la MS y de la FND. Lascano y Heinrichs (2009), alimentando a vaquillonas con una dieta rica en fibra (20% de concentrado) con la adición de *Sc*, encontraron que *Sc* aumentó la digestibilidad de la MS.

Por otra parte El-Waziry y Ibrahim (2007) trabajando con ovejas alimentadas con heno de leguminosas, encontraron que la adición de *Sc* también mejoró la degradación del heno (aumentó las tasas de degradación de la FND y FAD) y disminuyó dramáticamente el tiempo de latencia de digestión *in vitro* como resultado de la mejor actividad celulolítica.

Finalmente, investigadores como Desnoyers et al. (2009), realizando una revisión de 157 experimentos que evaluaron productos basados en *Sc.*, concluyeron que su uso redujo la concentración ruminal de ácido láctico, aumento el pH ruminal, la digestibilidad y consumo de la MS.

En general, el uso de estos aditivos ha sido estudiado principalmente en dietas con alta proporción de CH no fibrosos (Chaucheyras-Durand y Fonty, 2006; Kawas et al., 2007; Guedes et al. 2008), no existiendo suficiente información sobre su efecto en animales alimentados exclusivamente con pasturas.

A partir de esta información, es de interés evaluar el efecto de la restricción en tiempo de acceso a la pastura y del uso de buffers y levaduras sobre el consumo y el aprovechamiento digestivo de la dieta, en ovinos alimentados exclusivamente con pasturas templadas, para poder así optimizar la respuesta animal resultante.

## **5. HIPOTESIS**

Una restricción en el tiempo de acceso a la pastura disminuye el consumo, lo que lleva a alteraciones en el ingreso de sustratos al rumen afectando negativamente la digestibilidad de cada una de las fracciones del alimento y el balance de nitrógeno.

La adición de sustancias estabilizadoras o moduladoras de la fermentación ruminal (buffers o levaduras) a la dieta de animales alimentados únicamente con pasturas templadas y con un tiempo de acceso restringido ayuda a mitigar los efectos de la restricción creando un ambiente ruminal favorable lo que conduce a aumentar el consumo, la digestibilidad de los diferentes componentes y el balance de nitrógeno.

## **6. OBJETIVOS**

### **General**

En ovinos alimentados con pastura templada evaluar como afecta la restricción en el tiempo de acceso a la pastura y la adición de moduladores de la fermentación ruminal en los animales restringidos, sobre la ingestión, la utilización digestiva y el balance de nitrógeno.

### **Particulares**

- Evaluar si una restricción en el tiempo de acceso afecta el consumo, la digestibilidad y el balance de nitrógeno.
- Estudiar si el agregado de levaduras a la dieta de los animales restringidos afecta el aprovechamiento digestivo de los diferentes componentes, el consumo y el balance de nitrógeno.
- Determinar qué efecto tiene el uso de buffers en los animales restringidos sobre el balance nitrogenado, el consumo y la digestibilidad

## **7. MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se desarrolló en el Campo Experimental N° 2 de Facultad de Veterinaria, departamento de San José (34° latitud sur y 55° longitud oeste) entre los meses de abril y mayo de 2008. Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio del Departamento de Nutrición Animal de la Facultad de Veterinaria (Departamento de Montevideo).

## **Diseño experimental, animales y dieta**

Se trabajó con 24 borregos cruza Milschaf x Corriedale machos castrados de entre 1-2 años de edad) con un promedio de  $47,8 \pm 6,4$  kg de PV (se pesaron al inicio del tratamiento), fueron alojados en jaulas metabólicas y se los alimentó con un forraje fresco.

Se seleccionó en el Campo Experimental una parcela de pradera en estado vegetativo, con una disponibilidad inicial de 2065 kg de MS/há, compuesta por 88% de leguminosas (20% *trifolium repens* y *trifolium pratense*, 80% *lotus corniculatus*), gramíneas 5% y un 7% de material muerto.

La composición química de la pastura se muestra en el Cuadro 2. El experimento consistió en un diseño de bloques completos al azar, con un período de adaptación de 18 días y 7 días de mediciones. Los animales fueron bloqueados por PV y se dividieron en 6 bloques y asignados al azar a 4 tratamientos:

- Tratamiento 1: pradera durante 24 horas (TD).
- Tratamiento 2: pradera suministrada por 6 horas (R).
- Tratamiento 3: pradera suministrada por 6 horas + suplemento buffer (RB).
- Tratamiento 4: pradera suministrada por 6 horas + suplemento levaduras (RS).

### **Cuadro 2 Composición química de la pastura utilizada como dieta base en el experimento (%).**

| MS   | MO   | PC   | AS   | FND  | FAD  | CB <sup>+</sup> , meq/kgMS |
|------|------|------|------|------|------|----------------------------|
| 29,8 | 88,6 | 12,8 | 4,67 | 44,4 | 28,5 | 246                        |

CB<sup>+</sup>: Capacidad buffer (miliequivalente de HCl necesarios para cambiar el pH de 1 kg de MS en 1 unidad), MS: materia seca, MO: materia orgánica, PC: proteína cruda, CHS: carbohidratos solubles, FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente.

### **Rutina diaria**

Los corderos consumieron como único alimento la pradera que fue cortada, ofrecida y consumida a voluntad durante el período de tiempo correspondiente (24 o 6 h por día). El forraje se cortó (a 5 cm del suelo) a la misma hora (7:00 am), ofreciéndose a los animales a partir de la hora 8:00 am este se ofreció ad libitum durante las horas que durara cada tratamiento.

Tanto los buffers (2% de la MS consumida en una mezcla de 75% de NaHCO<sub>3</sub> y 25% de MgO) como las levaduras, *Saccharomyces cerevisiae* cadena CBS1171; 6,2x10<sup>9</sup> UFC/animal/día, se administraron justo antes de ofrecer el forraje (tiempo 0 en relación al inicio de la comida) vía oral. Todos los animales tenían libre acceso al agua, la cual se mantenía en una oferta constante de 7 litros/día.

La determinación de las UFC por recuento en placa se realizó en el Instituto de Investigación Clemente Estable.

## **Mediciones y cálculos**

### **Consumo**

El consumo de forraje, fue medido diariamente durante 7 días. El consumo de cada fracción del alimento (MS, MO, PB, FND y FAD) fue calculado como la diferencia entre oferta y rechazo y expresado como gramos por kg de PV de los animales por día (g/kg PV/d).

### **Digestibilidad *in vivo***

Se midieron diariamente, para cada animal y durante 5 días las cantidades totales de alimento ofrecido y de heces producidas, almacenando una muestra diaria de 100 g. Al finalizar el período se prepararon muestras compuestas para cada animal (mezclando en forma proporcional a las cantidades excretadas diariamente) y homogeneizando dichas muestras para luego analizar los contenidos de MS, MO, PB, FND y FAD en las heces de cada animal y en el forraje consumido. A partir de estos datos se calcularon los coeficientes de digestibilidad para cada fracción como:

(Cantidad ingerida (g) – cantidad eliminada (g)) / Cantidad ingerida (g)

### **Balance nitrogenado**

Se colectó diariamente la totalidad de orina eliminada por cada animal sobre un conservante (ácido sulfúrico 10%), durante 5 días. Se almacenaron muestras (100 mL) y se preparó una muestra compuesta individual de orina que se utilizó para medir el contenido de N por el método de Kjeldhal. La cantidad (g) de N retenido por animal y por día fue calculada como:

N ingerido (g/d) – (N eliminado heces (g/d) + N eliminado en orina (g/d))

### **Análisis químicos**

Los contenidos en MS, MO y PB (N x 6,25) de la pastura y heces se analizaron según AOAC (1990). Las determinaciones de FND, FAD se realizaron de acuerdo con la técnica descrita por Goering y Van Soest (1970), modificada por Robertson y Van Soest (1981), usando un analizador de fibra Ankom<sub>220</sub> (AnkomTechnology Corp. Fairport, NY, USA). Se analizó también el contenido de azúcares solubles (AS) de la pastura siguiendo la técnica descrita por Yemm y Willis (1954) y la capacidad buffer (CB) o tampón según Jasaitis et al. (1987). Todas las

muestras fueron analizadas por triplicado, aceptando coeficientes de variación entre análisis del 3 al 5 % según el parámetro.

### **Análisis Estadísticos**

Los datos fueron comparados entre tratamientos mediante el procedimiento GLM del SAS (1996). Para consumo y coeficientes de digestibilidad de las diferentes fracciones (MS, MO, FND, FAD Y PB) y para N ingerido, N en heces, N en orina y N retenido el modelo fue:

$$Y_i = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

donde  $\mu$  es la media general,  $T_i$  son los efectos de los tratamientos,  $B_j$  efecto de los bloques y  $e_{ij}$  es el error residual. Las medias se separaron por contrastes ortogonales diferenciando el efecto de la restricción (TD vs R+RS+RB), el efecto del agregado de aditivos (R vs RB+RS) y el tipo de aditivo (RB vs RS). Las diferencias estadísticas se consideraron significativas si  $P \leq 0,05$  y se consideró tendencia si se encontraba entre 0,05 y 0,1.

## 8. RESULTADOS

### Consumo

En el Cuadro 3 se presenta el efecto de los tratamientos sobre el consumo de las diferentes fracciones de la dieta. Los animales alimentados durante todo el día ingirieron más MS, MO, FND, FAD y PC que aquellos alimentados durante 6 h.

Cuando se evaluó el uso de aditivos y comparamos R vs RB+RS detectamos una tendencia a aumentar la MS ingerida. Los animales restringidos a los cuales se les suministraron aditivos consumieron mayor cantidad de MS y lo mismo sucedió con la PC ingerida.

La materia seca total ingerida por los animales para los diferentes tratamientos fue de 1024 gramos para el tratamiento TD, 819,6 gramos para el tratamiento R, 920 gramos para el tratamiento RB y 846 gramos para el tratamiento RS ( $P < 0,001$ ; datos no presentados).

**Cuadro 3** Consumo diario del alimento en gramos por kilo de peso vivo (g/kg PV) en borregos alimentados con forraje fresco todo el día (TD) o durante 6h/d sin aditivos (R) o con aditivos, buffers (RB) o levaduras (RS).

| Parámetros | Tratamiento |      |      |      |      |        | Contrastes            |                |              |
|------------|-------------|------|------|------|------|--------|-----------------------|----------------|--------------|
|            | TD          | R    | RB   | RS   | ESM  | P      | TD vs.<br>R+RB+<br>RS | R vs.<br>RB+RS | RB vs.<br>RS |
| MS         | 23,9        | 17,7 | 20,0 | 18,7 | 1,75 | <0,001 | <0,001                | 0,096          | ns           |
| MO         | 21,0        | 15,6 | 17,4 | 16,5 | 1,53 | <0,001 | <0,001                | ns             | ns           |
| FND        | 10,7        | 7,83 | 8,80 | 8,21 | 0,98 | <0,001 | <0,001                | ns             | ns           |
| FAD        | 6,27        | 4,60 | 5,13 | 4,82 | 0,60 | <0,001 | <0,001                | ns             | ns           |
| PB         | 32,2        | 24,7 | 28,1 | 26,5 | 0,22 | <0,001 | <0,001                | 0,039          | ns           |

ESM: error estándar de las medias (n=6/trat.) ns no significativo.

MS: materia seca, MO: materia orgánica, FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente, PB: proteína bruta.



## Digestibilidad Aparente

Como se muestra en el Cuadro 4 la digestibilidad del forraje no fue afectada por la restricción en el tiempo de acceso al alimento. Es de destacar que el uso de levaduras aumentó la digestibilidad de los componentes fibrosos. Si bien entre los animales alimentados durante 6 h el uso de aditivos en su conjunto sólo tendió a aumentar esta variable, los animales suplementados con levaduras presentaron mayor digestibilidad de la MS, de la MO, de la FND y de la FAD respecto a los animales suplementados con buffers (ver contraste RB vs. RS).

**Cuadro 4** Coeficientes de digestibilidad aparente de los diferentes parámetros en borregos alimentados con forraje fresco en relación con el tiempo de acceso al alimento (todo el día: TD vs 6h: R) y el uso o no de aditivos (buffers: RB o levaduras: RS).

| CD  | Tratamiento |      |      |      |       |       | Contrastes        |               |                 |
|-----|-------------|------|------|------|-------|-------|-------------------|---------------|-----------------|
|     | TD          | R    | RB   | RS   | ESM   | P     | TD vs.<br>R+RB+RS | R vs<br>RS+RB | RB<br>vs.<br>RS |
| MS  | 0,64        | 0,61 | 0,59 | 0,67 | 0,018 | 0,069 | ns                | ns            | 0,013           |
| MO  | 0,67        | 0,64 | 0,64 | 0,71 | 0,017 | 0,069 | ns                | ns            | 0,021           |
| FND | 0,48        | 0,41 | 0,43 | 0,52 | 0,028 | 0,047 | ns                | 0,084         | 0,028           |
| FAD | 0,39        | 0,32 | 0,32 | 0,44 | 0,034 | 0,064 | ns                | ns            | 0,027           |
| PB  | 0,73        | 0,70 | 0,72 | 0,74 | 0,014 | ns    | ns                | ns            | ns              |

ESM: error estándar de las medias (n=6/trat.) ns no significativo.

CD: coeficiente de digestibilidad, MS: materia seca, MO: materia orgánica, FND: fibra neutro detergente, FAD: fibra ácido detergente, PB: proteína bruta.

## **Balance De Nitrógeno**

Todos los animales, sometidos a los diferentes tratamientos, presentaron un balance de N positivo. La restricción en el tiempo de acceso al alimento, disminuyó la cantidad de N retenido por los animales (Cuadro 5).

No se observaron diferencias significativas entre los restringidos con y sin aditivos en ninguno de los parámetros. Si bien no se detectaron diferencias significativas entre los animales a los que se suplemento con levaduras y los demás tratamientos, la retención de N para RS fue de casi un 80% respecto a los del tratamiento TD. Cuando comparamos la adición de buffers y de levaduras encontramos una tendencia a eliminar menos N por orina y tener una mayor retención de N con la adición de levaduras (RS).

**Cuadro 5 Nitrógeno ingerido, eliminado en heces, eliminado en orina y retenido en gramos por día (g/día) en borregos alimentados todo el día (TD) o 6 h/d sin aditivos (R) o con aditivos, buffers (RB) o levaduras (RS).**

| Parámetros<br>g/día | Tratamiento |             |             |             |              |               | Contrastes        |                |                 |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|-------------------|----------------|-----------------|
|                     | TD          | R           | RB          | RS          | ESM          | P             | TD vs.<br>R+RB+RS | R vs.<br>RB+RS | RB<br>vs.<br>RS |
| <b>N. ingerido</b>  | <b>26,7</b> | <b>17,8</b> | <b>19,8</b> | <b>18,3</b> | <b>1,491</b> | <b>0,0013</b> | <b>0,0001</b>     | <b>ns</b>      | <b>ns</b>       |
| <b>N. orina</b>     | <b>9,21</b> | <b>7,30</b> | <b>8,19</b> | <b>4,55</b> | <b>1,366</b> | <b>0,1263</b> | <b>ns</b>         | <b>ns</b>      | <b>0,073</b>    |
| <b>N. heces</b>     | <b>6,98</b> | <b>5,55</b> | <b>5,89</b> | <b>5,31</b> | <b>0,672</b> | <b>0,3324</b> | <b>0,086</b>      | <b>ns</b>      | <b>ns</b>       |
| <b>N. retenido</b>  | <b>10,5</b> | <b>4,96</b> | <b>5,79</b> | <b>8,42</b> | <b>1,082</b> | <b>0,0062</b> | <b>0,003</b>      | <b>ns</b>      | <b>0,100</b>    |

ESM: error estándar de las medias (n=6/trat.) ns no significativo.

N. ingerido: nitrógeno ingerido, N. orina: nitrógeno en orina, N. heces: nitrógeno en heces, N. retenido: nitrógeno retenido.

## 9. DISCUSIÓN

### Tiempo de acceso a la pastura

Los niveles de consumo de MS diarios registrados por animal y para todos los tratamientos se encuentran dentro de los valores esperados para ovinos en mantenimiento (NRC, 1985). Los animales con acceso a la pastura todo el día presentaron un mayor consumo de MS, MO y fibra, esto coincide con los resultados obtenidos por otros investigadores como Zuccari et al. (2007), quienes encontraron que el consumo voluntario fue mayor en ovinos animales a los cuales no se les restringió el acceso al alimento. Resultados similares fueron los encontrados por Pérez-Ramírez et al. (2008) trabajando con vacas lecheras. Mattiauda et al., (2003) encontraron que la cantidad de MS ingerida por animales con acceso restringido fue 1,8 kg menor que en aquellos a los que no se les restringió el acceso.

Un aspecto interesante que se desprende de este trabajo es que aunque los animales con acceso restringido tuvieron un consumo menor, éstos igualmente lograron en 6 horas consumir más del 70% de la cantidad de MS consumida por los animales del grupo no restringido. Por lo tanto, estos animales en esas horas habrían aumentado su tasa de ingestión para compensar las horas de restricción. Estos resultados coinciden con otros presentados por Gekara et al. (2005), trabajando con ganado de carne. A su vez Kennedy et al. (2009) trabajando con vacas lecheras encontraron que el tiempo que destinaban a alimentarse fue mayor en las vacas con 4 horas de acceso a la pastura que en aquellas sin restricción. Romney et al. (1996), encontraron que caprinos sometidos a una restricción en el tiempo de acceso a la pastura, compensaron incrementando la tasa de consumo. Observaciones similares fueron publicadas por Ayatunde et al. (2001) con terneros pastando 6 o 12 horas por día.

El hecho de que los animales frente a una restricción en el tiempo de acceso a la pastura aumentaran su tasa de ingestión podría llevarnos a pensar que a pastoreo, si los animales no presentan limitaciones en la disponibilidad de forraje, su tasa de ingestión podría aumentar. La restricción en el tiempo de acceso a la pastura modificaría el comportamiento ingestivo de los animales y éstos pasarían la mayor parte de su tiempo comiendo. Pérez-Ramírez et al. (2008) reportaron que los animales con 8 horas de acceso dedicaban un 68% de su tiempo a comer, mientras que con 4 horas de acceso ese tiempo pasó a representar un 87%.

El aumento de la tasa de ingestión frente a una restricción en el tiempo de acceso a la pastura parecería ser logrado de diferentes maneras según la especie. De esta manera los ovinos compensarían la restricción aumentando el peso de bocado (Newman et al., 1994; Romney y Gill, 2000), y los bovinos, aumentarían su tasa de ingestión a través de una disminución en el grado de masticación. Los ovinos tendrían limitaciones para alterar el grado de masticación, ya sea por las características de la pastura (por ejemplo: contenido de fibra) o por restricciones digestivas (por ejemplo: sensibilidad al tamaño de partícula) (Romney y Gill, 2000).

Era esperable que la restricción en el tiempo de acceso al forraje generase alteraciones en el ecosistema ruminal (por ejemplo disminución del pH ruminal), alterando la actividad de la

microbiota ruminal y en consecuencia la digestibilidad del forraje. No obstante, la restricción en el tiempo de acceso al forraje no afectó la digestibilidad de las distintas fracciones del alimento. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Huhtanen et al. (2007) quienes, estudiando la digestión de las paredes celulares en novillos alimentados con heno 2 o 18 veces por día, observaron que la frecuencia de alimentación no afectó la digestibilidad ruminal ni total de la dieta.

Todos los animales presentaron un balance nitrogenado positivo. Los animales alimentados durante todo el día consumieron más N que los animales alimentados durante solo 6 h por día. Estos resultados concuerdan con los encontrados en la literatura para bovinos alimentados con una dieta altamente forrajera. La retención de N fue mayor en los bovinos que tenían acceso a la dieta por más tiempo (Freer et al., 2007). Por el contrario, según otros autores, el pastoreo restringido en el tiempo disminuiría las pérdidas de N aumentando la eficiencia de pastoreo (Kristensen et al., 2007) debido a cambios en el comportamiento ingestivo (Chilibroste et al., 2007).

En este caso, podríamos pensar que la mayor cantidad de N que ingirieron y retuvieron los animales alimentados durante todo el día, respecto a aquellos animales alimentados durante 6 h, habría sido utilizada para formar PM a nivel ruminal. Posiblemente, esto se produjo no sólo gracias al mayor consumo de N, sino también al mayor consumo de MS, MO y por lo tanto de energía.

### **Uso de aditivos**

El uso de aditivos (buffers y levaduras) presentó una tendencia a aumentar el consumo de los animales, estos resultados coinciden con los obtenidos por Kawas et al. (2007) trabajando con corderos alimentados con dietas con altas proporciones de concentrados y suplementados con  $\text{NaHCO}_3$  en los cuales observó un aumento en el consumo de MS (27% más respecto al grupo control). Similares resultados fueron los obtenidos por Tripathi et al. (2004) con corderos a los cuales se suplementó con buffer y presentaron un aumento del consumo de MS.

En relación al uso de levaduras lo que más se destaca es que obtuvimos un aumento en la digestibilidad de las paredes celulares del forraje. Esto concuerda con diferentes trabajos en los cuales la adición de levaduras permitió una mejor digestión de la fibra, tales como los de Marden et al., (2008) y Sauvant, (2005), quienes trabajando con vacas en lactación encontraron un aumento de la digestibilidad de la FND y de la FAD con el agregado de levaduras en la dieta. Sin embargo Kawas et al. (2007) trabajando con corderos alimentados con concentrados no detectaron efectos de la suplementación con levaduras en la digestibilidad de la FND.

Sauvant (2005), elaboró un meta-análisis de datos publicados acerca de los efectos de la suplementación con levaduras a partir de datos colectados de 122 experimentos *in vivo* y llegó a la conclusión de que las levaduras aumentan la digestibilidad de la FAD. Según Newbold et al. (1995), la suplementación con levaduras aumentaría tanto la digestibilidad de la FND como de la FAD.

En nuestro trabajo, usando una pastura como único alimento obtuvimos un aumento de la digestibilidad para ambas fracciones (FAD y FND). Esto indicaría que cuando usamos levaduras se establecería en el rumen un ambiente favorable para el crecimiento de bacterias celulolíticas las cuales son muy sensibles a la presencia de oxígeno (Bryant, 1959). Las levaduras por su mecanismo de acción consumen oxígeno dentro del rumen y esto llevaría a mejorar las condiciones de anaerobiosis.

En este trabajo, el aumento en la digestibilidad de las paredes celulares del forraje no provocó un aumento en el consumo de forraje, esto podría deberse a que la restricción fue muy severa. Putnam et al. (1997) trabajando con vacas en lactación alimentadas con una ración totalmente mezclada, encontraron que la MS ingerida fue mayor en las suplementadas con levaduras pero no así la digestibilidad de la fibra. Por otra parte Wohlt et al. (1991) trabajando también con vacas en lactación temprana encontraron un aumento de la MS ingerida así como de la digestibilidad de la fibra y similares resultados fueron reportados por otros autores (Nocek et al., 2003; Jouany y Morgavi, 2007).

Respecto al balance de nitrógeno, la tendencia a menor eliminación de N y mayor retención observada en los animales suplementados con levaduras, indicaría que éstas habrían estimulado el reciclaje de N. En el mismo sentido, Hristov et al. (2010) observaron una pequeña reducción del N eliminado por la orina en vacas en lactación suplementadas con levaduras.

Las levaduras o sus productos de fermentación estimularían el crecimiento de las bacterias celulolíticas las cuales tienen una alta preferencia por el amoníaco como fuente de N (Bryant 1973) y esto resultaría en una conversión más eficiente del amoníaco ruminal en proteína microbiana (Enjalbert et al, 1999). Por lo tanto la utilización total del nitrógeno dietario se habría realizado de una forma más eficiente, con una disminución de las pérdidas de N por orina. Si consideramos que el N eliminado en forma de urea por la orina, es la principal fuente de N emitida al ambiente por los bovinos (Bussink y Oenema, 1998), el uso de levaduras podría representar una herramienta importante a considerar en los sistemas de producción.

## **10. CONCLUSIONES**

A partir de los datos obtenidos se concluye que una restricción de 6 h por día en el tiempo de acceso a una pastura de buena calidad produjo una disminución en el consumo de las diferentes fracciones de la pastura así como una menor retención de N, sin embargo la digestibilidad no se fue afectada por la restricción.

El agregado de levaduras como aditivo generó una mayor digestibilidad de la MS, de la MO y de la fibra, además de tender a disminuir el N eliminado en orina y a aumentar el N retenido por los animales.

El agregado de buffers no resultó en cambios en el consumo ni en la digestibilidad de los diferentes componentes. El balance de nitrógeno no se vio afectado por el agregado de buffers.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- 1- **Acosta C., Carbone R. (2010).** Evaluación en vaquillonas del efecto de la inclusión de grano de sorgo, en una dieta basada en pastura fresca. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria. UdelaR. 39p.
- 2- **Aguerre M., Cajarville C., Machado V., Persak G., Bambillasca S., Repetto J.L. (2009).** Dry matter intake and digestibility of wethers and heifers fed temperate pastures supplemented or not with sorghum grain. *S Afr J Anim Sci* 39 (Suppl 1): 251-255.
- 3- **A.O.A.C. (1990).** Association of Official Analytical Chemist. Official Methods of Analysis. 15<sup>a</sup> ed. AOAC, Arlington VA.1141p.
- 4- **Ayatunde A. A., Fernández-Rivera S., Hiernaux P. H.Y., Van Keulen H., Udo H. M.J., Chanono M. (2001).** Effect of timing and duration of grazing of growing cattle in the West African Sahel on diet selection, fecal output, eating time, forage intake and live-weight changes. *Anim. Sci.* 72: 117-128.
- 5- **Bach A., Calsamiglia S., Stern M. D. (2005).** Nitrogen Metabolism in the Rumen. *J Dairy Sci* 88: (E. Suppl.):E9–E21.
- 6- **Berzagli P., Herbein J.H., Polan C.E. (1996).** Intake, site and extent of nutrient digestion of lactating cows grazing pasture. *J Dairy Sci* 79:1581-1589.
- 7- **Bianchi G. (2007).** Alternativas Tecnológicas para la Producción de Carne Ovina de Calidad en Sistemas Pastoriles. Montevideo, Hemisferio Sur. 278p.
- 8- **Bodas R., Frutos P., Giráldez F.J., Hervás G., López S. (2009).** Effect of sodium bicarbonate supplementation on feed intake, digestibility, digesta kinetics, nitrogen balance and ruminal fermentation in young fattening lambs. *Spanish J Agric Res* 7: 330-341.
- 9- **Branine M.E, Galyean M.L. (1990).** Influence of grain and monensin supplementation on ruminal fermentation, intake, digesta kinetics and incidence and severity of frothy bloat in steers grazing winter wheat pasture. *J Anim Sci*; 68: 1139-1150.
- 10- **Bryant MP (1959).** Bacterial species of the rumen. *Bact Rev* 23: 125-153.
- 11- **Bryant, M. P. (1973).** Nutritional requirements of the predominant rumen cellulolytic bacteria. *Fed Proc* 32:1809–1813.
- 12- **Bussink D. W. and Oenema O. (1998).** Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: A review. *Nutr Cycl Agroecosyst.* 51:19–33.

- 13- Caja G., González E., Flores C., Carro M.D., Albanell E. (2003).** Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos. *XIX Curso de especialización FEDNA*. Madrid. Disponible en: [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_promotores\\_crecimiento/02alternativas\\_a\\_los\\_antibioticos.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/02alternativas_a_los_antibioticos.pdf). Fecha de consulta: 6-6-11.
- 14- Cajarville, C., Curvelo, 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. I: pH ruminal y cinética de degradación de distintos forrajes. XXI Congreso Mundial de Buiatría, Punta del Este, Uruguay .146 p.
- 15- Cajarville C., Pérez A., Aguerre M., Britos A., Repetto J.L. (2006).** Effect of the timing of cut on ruminal environment of lambs consuming temperate pastures. *J Anim Sci* 84 / *J Dairy Sci* 89: 103.
- 16- Cangiano C.A. (1997).** Consumo en Pastoreo – Factores que Afectan la Facilidad de cosecha. En: Cangiano, CA Producción Animal en Pastoreo. INTA - EEA Balcarce, págs. 41-60.
- 17- Carro M.D., Lebzien P., Rohr K. (1992).** Effects of yeast culture on rumen fermentation, digestibility and duodenal flow in dairy cows fed silage based diet. *Livest Prod Sci* 32:219–229.
- 18- Carro M. D., Ranilla M.J. (2002).** Los aditivos antibióticos promotores del crecimiento de los animales: situación actual y posibles alternativas. Disponible en: [http://www.produccionbovina.com.ar/información\\_tecnica/invernada\\_promotores\\_crecimiento/01aditivos\\_antibioticos\\_promotores.htm](http://www.produccionbovina.com.ar/información_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/01aditivos_antibioticos_promotores.htm). Fecha de consulta: 04-06-2011.
- 19- Castro T., Manso T., Mantecón A.R., Carro M.D. (2002).** Effect of either once or twice daily concentrate supplementation of wheat straw on voluntary intake and digestion in sheep. *Small Rum Res* 46:43–50.
- 20- Chaucheyras, F., L. Millet, B. Michalet-Doreau, G. Fonty, G. Bertin, and Ph. Gouet. (1997).** Effect of an addition of Levucell® SC on the rumen microflora of sheep during adaptation to high starch diets. in Rowett Research Institute and INRA Symposium Proc., Evolution of the rumen microbial ecosystem, Aberdeen, UK, Suppl. 1, p. 82.
- 21- Chaucheyras-Durand F., Fonty G. (2006).** Effects and modes of action of live yeasts in the rumen. *Biología (Bratislava)* 61:741–750.
- 22- Chilibroste, P., P. Soca, D. A. Mattiauda, O. Bentancur, and H. Robinson. (2007).** Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle—A review. *Aust. J. Exp. Agric.* 47:1075–1084.
- 23- Chilibroste, P.; Soca, P.; Mattiauda, D.A. y Bentancur, O. (2004).** Incorporation of short term fasting in grazing and feeding management strategies for cattle: an integrated approach. II Symposium on «Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology», Curitiba, Paraná, Brazil.



- 24- Chilbroste, P.; Tamminga, S. and Boer, H. (1997).** Effect of length of grazing session, rumen fill and starvation time before grazing on dry matter intake, ingestive behavior and dry matter rumen pool sizes of grazing lactating dairy cows. *Grass Forage Sci* 52: 249-257
- 25- Coleman S.W., Henry D.A. (2002).** Nutritive value of herbage. En: Freer M., Dove H. (Eds), *Sheep Nutrition*, CAB International, Wallingford, UK: 1-26.
- 26- Dawson K, A and K.E Newman (1988).** Fermentation in rumen-simulating continuous cultures receiving probiotic supplements. *J. Anim. Sci.* 66 (suppl.1): 500 (abstr.).
- 27- Denev S.A., Pèeva T., Radulova P., Stancheva N., Staykova G., Beev G., Todorova P., Tchobanova S. (2007).** Yeast cultures in ruminant nutrition. *Bulgarian J Agric Sci* 13:357-374.
- 28- Desnoyers M., Giger-Reverdin S., Bertin C., Duvaux-Ponter G., Sauvant D. (2009).** Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants. *J Dairy Sci* 92:1620-1632.
- 29- DIEA, (2008).** Estadísticas del sector lácteo. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Disponible en: [www.mgap.gub.uy](http://www.mgap.gub.uy). Fecha de consulta: 5-10-2008.
- 30- Elizalde J. C., Merchen N. R., Faulkner D. B (1999).** In Situ Dry Matter and Crude Protein Degradation of Fresh Forages during the Spring Growth. *J Dairy Sci* 82: 1978-1990.
- 31- El-Waziry A.M., Ibrahim H.R. (2007).** Effect of *Saccharomyces cerevisiae* of yeast on fiber digestion in sheep fed Berseem (*Trifolium alexandrinum*) hay and cellulase activity. *Aust J Basic Appl Sci* 1:379-385.
- 32- Enemark J. (2008).** The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): A review. *Vet J* 176: 32-43.
- 33- Enjalbert F., Garrett J.E., Moncoulon R., Bayourthe C., and Chicoteau P. (1999).** Effects of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal digestion in non-lactating dairy cows. *Anim Feed Sci Technol* 76:195–206.
- 34- Erdman R.A. (1988).** Dietary requirements of the lactating dairy cows: A review. *J Dairy Sci* 71: 3246-3266.
- 35- Erdman R.A., Hemken R.W., Bull L.S. (1982).** Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early postpartum lactating dairy cows: effect of production, acid–base metabolism and digestion. *J Dairy Sci* 65: 712-731.
- 36- Erasmus, L.J., Robinson, P.H., Ahmadi, A., Hinders, R., Garrett, J.E. (2005).** Influence of prepartum and postpartum supplementation of a yeast culture and monensin, or both, on ruminal fermentation and performance of multiparous dairy cows. *Anim Feed Sci Tech* 122:219–239.

- 37- Fallon R.J. and Harte F.J. (1987).** The effect of YEASACC inclusion in calf concentrate diets on calf performance. Ir Grassl Animal Prod Assoc J 21; 156.
- 38- Faverdin, P., B. Baumont and K. L. Ingvarsten. 1995.** Control and prediction of feed intake in ruminants. (Ed. M. Journet, E. Grenet, M-H. Face, M. Theriez, C. Demarquilly) In: Recent Developments in the Nutrition of Herbivores. INRA, Paris. pp. 95-120.
- 39- FDA (2009).** Generally Recognized as Safe (GRAS). Disponible en: <http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/GenerallyRecognizedasSafeGRAS/default.htm>. Fecha de consulta: 8-10-10.
- 40- Forbes J.M., Mayes R.W. (2002).** Food choice. En: Freer M., Dove H. (Eds), Sheep nutrition, CAB, Wallingford, UK: 51-69.
- 41- Forbes (2007).** Voluntary food intake and diet selection in farms animals. 2 ed. Disponible en: [www.cabi.org](http://www.cabi.org). Fecha de consulta: 4-6-2011.
- 42- Freer M., Dove H., Nolan J.V. (2007).** Application. En: Nutrient requirements of domesticated ruminants, Collingwood, CSIRO, p 227-233.
- 43- Ganzabal A., Montossi F., Ciappesoni G., Banchemo G., Ravagnolo O., San Julian R., Luzardo S., (2007).** Cruzamientos para la producción de carne ovina de calidad., resultados, comportamiento reproductivo y habilidad materna de ovejas, crecimiento y calidad de canal de corderos. Uruguay. INIA Serie Técnica N°170, 70p.
- 44- Garibotto, G.; Bianchi, G.; Bentancur, O. y Fernández, M.E. (2007).** Pastoreo restringido y suplementación energética: recría de corderos In: XXI Reunión ALPA, XXX Reunión APPA, V Congreso Internacional de Ganadería de Doble Propósito. 22 al 25 de octubre, Cusco. Perú.
- 45- Gekara O. J., Prigge E. C., Bryan W. B., Nestor E. L., Seidel G. (2005).** Influence of sward height, daily timing of concentrate supplementation, and restricted time for grazing on forage utilization by lactating beef cows. J Anim Sci 83:1435–1444.
- 46- Gibson J.P. (1981).** The effects of feeding frequency on the growth and efficiency of food utilization of ruminants: An analysis of published results. Br Soc Anim Prod 32: 275-283.
- 47- Goering H.K., Van Soest P.J. (1970).** Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agric Handbook 379, USDA.20p.
- 48- Guedes C.M., Goncalves, D. Rodrigues M.A.M., Dias-da-Silva A. (2008).** Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* yeast on ruminal fermentation and fibre degradation of maize silages in cows. Anim Feed Sci Technol 145:27–40.
- 49- Hoekstra N.J., Schulte R.P.O., Struik P.C., Lantinga E.A (2007).** Pathways to improving the N efficiency of grazing bovines. European J Agr, 26 (4): 363-374.

- 50- Hristov A.N., Varga G., Cassidy T., Long M., Heyler K., Karnati S.K.R., Corl B., Hovde C.J. y Yoon I. (2010).** Effect of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on ruminal fermentation and nutrient utilization in dairy cows. *J Dairy Sci* 93:682–692.
- 51- Hughes J. (1988).** The effect of high – strength yeast culture in the diet of early-weaned calves. *Animal Prod* 46: 526.
- 52- Huhtanen P., Asikainen U., Arkkila M., Jaakkola S. (2007).** Cell wall digestion and passage kinetics estimated by marker and *in situ* methods or by rumen evacuations in cattle fed hay 2 or 18 times daily. *Anim Feed Sci Technol* 133:206–227.
- 53- Hussain, A., Miller, E.L., (1999).** Effect of sucrose and lactose with sodium bicarbonate on rumen metabolism and microbial protein synthesis in sheep (abstract). *Ann. Proc Anim Sci* 77, 28.
- 54- Hutjens M.F. (1991).** Feed Additives. *Vet Clin North America. Food Anim Pract.*7:525-540.
- 55- Jouany J.P., and Morgavi D.P. (2007).** Use of ‘natural’ products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal* 1:1443-1466.
- 56- Jasaitis D.K., Wohlt J.E., Evans J.L. (1987).** Influence of feed ion content on buffering capacity of ruminant feedstuffs *in vitro*. *J Dairy Sci* 70:1391-1403.
- 57- Kawas J.R., García-Castillo R., Fimbres-Durazo H., Garza-Cazares F., Hernández-Vidal J.F.G., Olivares-Sáenz E., Lu C.D. (2007).** Effects of sodium bicarbonate and yeast on nutrient intake, digestibility, and ruminal fermentation of light-weight lambs fed finishing diets. *Small Rum Res* 67:149-156.
- 58- Kennedy E., McEvoy M., Murphy J. P., O’Donovan M. (2009).** Effect of restricted access time to pasture on dairy cow milk production, grazing behavior and dry matter intake. *J Dairy Sci* 92:168–176.
- 59- 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.
- 60- Krause K., Oetzel G. (2006).** Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Anim Feed Sci Technol* 126: 215-236.
- 61- Kristensen T., Oudshoorn F., Munksgaard L., Søgaard K. (2007).** Effect of time at pasture combined with restricted indoor feeding on production and behavior in dairy cows. *Animal* 1:439–448.
- 62- Lascano G.I., Heinrichs A.J. (2009).** Rumen fermentation pattern in dairy heifers fed restricted amounts of low, medium and high concentrate diets without and with yeast culture. *Livestock Sci* 124:48-57.

- 63- Marden J.P., Julien C., Monteils V., Auclair E., Moncoulon R., Bayourthe C. (2008).** How does live yeast differ from sodium bicarbonate to stabilize ruminal pH in high-yielding dairy cows?. *J Dairy Sci* 91:3528-3535 (doi:10.3168/jds.2007-0889).
- 64- Mattiauda, D. A., S. Tamminga, F. Elizondo, and P. Chilibroste. (2003).** Effect of the length and moment of the grazing session on milk production and composition of grazing dairy cows. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 3:87–90.
- 65- Mc Donalds P., Edwards, R. (2006).** *Nutrición Animal* 6<sup>a</sup> ed. Acribia.Zaragoza.587p.
- 66- Montossi F., Ganzábal A., de Barbieri I., Nolla M., Luzardo S. (2005).** "Mejora de la eficiencia reproductiva de las majadas: un desafío posible, necesario e impostergable" *Revista INIA* 3: 2-5.
- 67- Newbold C.J., Wallace R.J., Chen X.B., McIntosh F.M. (1995).** Different strains of *Saccharomyces cerevisiae* differ in their effect on ruminal bacterial numbers in vitro in sheep. *J Anim Sci* 73:1811-1818.
- 68- Newman J.A., Parsons A.J., Penning P.D. (1994).** A note on the behavioural strategies used by grazing animals to alter their intake rate. *Grass Forage Sci* 49:502–505.
- 69- Nocek J.E., Russell J.B. (1988)** Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J Dairy Sci* 71:2070-2107.
- 70- Nocek J.E., Tamminga S. (1991).** Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effects on milk yield and composition. *J. Dairy Sci* 74: 3598-3629.
- 71- Nocek J.E., Kautz W.P., Leedle J.A.Z., and Block E. (2003).** Direct-fed microbial supplementation on the performance of dairy cattle during the transition period. *J Dairy Sci* 86:331-335.
- 72- NRC (2001).** *Nutrient Requirements of Dairy Cattle.* 7<sup>o</sup> ed. National Academy Press. Washington D.C. 408p.
- 73- NRC (1985).** *Nutrient Requirements of Sheep.* 6<sup>o</sup>ed. National Academy Press. Washington D.C. 92p.
- 74- Ørskov E.R., Ryle M. (1990).** *Energy Nutrition in Ruminants.* Londres, Elsevier Applied Science.149p.
- 75- Pérez J.F., Bacells J., Guada J.A., Castrillo C. (1997).** Rumen microbial production estimated either from urinary purine derivative excretion or from direct measurements of 15N and purine bases as microbial markers: effect of protein source and rumen bacteria isolates. *J Anim Sci* 65:225-236.

- 76- Pérez-Ramírez E., Peyraud J. L., Delagarde R. (2009).** Restricting daily time at pasture at low and high pasture allowance: Effects on pasture intake and behavioral adaptation of lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 92:3331–3340 (doi:10.3168/jds.2008-1951).
- 77- Perez-Ramirez E., Delagarde R., and Delaby L. (2008).** Herbage intake and behavioural adaptation of grazing dairy cows by restricting time at pasture under two feeding regimes. *Animal* 2:1384–1392.
- 78- 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 Pastura Consumida. Tesis de Grado, Facultad de Veterinaria. UdelaR. 36p.
- 79- Piaggio L., Curbelo A., Corso C. (2003).** Valor digestivo de forrajes y reservas. Pastoreo. En: *Primer Curso a Distancia para Profesionales sobre Nutrición de Rumiantes*. Facultad de Veterinaria – MGAP/BID. 330p.
- 80- Putnam D.E., Schuab C.G., Socha M.T., Whitehouse N.L., Kierstead N.A., Garthwaite B.D. (1997).** Effect of yeast culture in the diets of early lactation dairy cows on ruminal fermentation and passage of nitrogen fraction and aminoacid to the small intestine. *J Dairy Sci* 80:374-384.
- 81- Radostits O.M., Gay C.C., Blood D.C., Hinchcliff K.W. (2002).** Tratado de las enfermedades del ganado bovino, porcino, caprino y equino. 9a. ed. Madrid. McGraw-Hill. Vol. I: 1206p.
- 82- Rearte D.H., Santini F.J. 1989.** Digestion ruminal y producción en animales a pastoreo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 9:93
- 83- Repetto J.L., Cajarville C., D’Alessandro J., Curbelo A., Soto C., Garin D. (2005).** Effect of wilting and ensiling on ruminal degradability of temperate grass and legume mixture. *Anim Res* 54: 1-8.
- 84- Robertson J.B., Van Soest P.J. (1981).** The detergent system of analysis and its application to human foods. En: James, WPT, Theander, M., Dekker, N.Y. *The analysis of dietary fiber in food*. 123pp.
- 85- Romney D.L., Sendalo D.S.C., Owen E., Mtenga L.A., Penning P.D., Mayes R.W., Hendy C.R.C. (1996).** Effects of tethering management on feed intake and behaviour of Tanzanian goats. *Small Rum Res* 19: 113-120.
- 86- Romney D.L., Gill M. (2000).** Intake of forages. En: Givens D.I., Owen E., Axford R.F.E., Omed H.M. (Eds), *Forage evaluation in ruminant nutrition*. CAB International, Wallingford, p: 43-62.
- 87- Rossi F., Cocconcelli P.S., Masoero F. (1995).** Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on growth and lactate utilization by the ruminal bacterium *Megasphaera elsdenii*. *Ann. Zootech* 44:403–409.

- 88- Russell J.B., Chow J.M. (1993).** Another theory for the action of ruminal buffer salts: decreased starch fermentation and propionate production. *J Dairy Sci* 76:826-830.
- 89- Russell J.B., Sniffen C.J., Van Soest P.J. (1983).** Effect of carbohydrate limitation on degradation and utilization of casein by mixed rumen bacteria. *J Dairy Sci*; 66: 763.
- 90- Russell J.B., Wilson D.B. (1996).** Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *J Dairy Sci*; 79: 1503-1509.
- 91- Santra A., Chaturvedi O.H., Tripathi M.K., Kumar R., Karim S.A. (2003).** Effect of dietary sodium bicarbonate supplementation on fermentation characteristics and ciliate protozoal population in rumen of lambs. *Small Rum Res* 47:203–212.
- 92- SAS (1996).** SAS user's guide: statistics, version 7 edition. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- 93- Sauvant D. (2005).** Rumen acidosis: modeling ruminant response to yeast culture. En: TP Lyons and KA Jacques. *Nutritional biotechnology in the feed and food industries*, Nottingham University Press, Nottingham, UK: 221–228.
- 94- Schingoethe D.J. (1996).** Balancing the amino acids needs of dairy cows. *Anim Feed Sci Technol* 60: 153.
- 95- Schneider B.H., Flatt W.P. (1975).** The evaluation of feed through digestibility experiments. Athens, University of Georgia 423pp.
- 96- Stern M.D., Calsamiglia S., Endres M.I. (1994).** Dinámica del metabolismo de los hidratos de carbono y del nitrógeno en el rumen. En: Stern M.D., Calsamiglia S., Endres M.I. *Nuevos sistemas de valoración de alimentos y programas alimenticios para especies domésticas*. Ed. FEDNA, Madrid pp. 177-194.
- 97- Taylor C.C., Allen M.S. (2005).** Corn grain endosperm type and brown midrib 3 corn silage: feeding behaviour and milk yield of lactating cows. *J Dairy Sci* 88: 1425-1433.
- 98- Tebot I. (2008).** Efecto de los suplementos ricos en energía sobre la función ruminal y el metabolismo del nitrógeno en ovinos alimentados con pasto fresco. Tesis de Maestría, Facultad de Veterinaria. UdelaR. 68p
- 99- Thomas J.W., Emery R.S. (1969).** Additive nature of sodium bicarbonate and magnesium oxide on milk fat concentrations of milking cows fed restricted roughage rations. *J Dairy Sci* 52: 1762.
- 100- Trevaskis L.M., Fulkerson W.J., Gooden J.M. (2001)** Provision of certain carbohydrate-based supplements to pasture-fed sheep, as well as time of harvesting of the pasture, influences pH, ammonia concentration and microbial protein synthesis in the rumen. *Aust J Exp Agr* 41:21-27

- 101- Tripathi M.K., Santra A., Chaturvedi O.H., Karim S.A. (2004).** Effect of sodium bicarbonate supplementation on ruminal fluid pH, feed intake, nutrient utilization and growth of lambs fed high concentrate diets. *Anim Feed Sci Technol* 111:27-39.
- 102- Turner A.W., Hodgetts V.E. (1954).** Buffer system in the rumen of sheep. I. pH and bicarbonate concentration in relation to pCO<sub>2</sub>. *Aust J Agric Res* 6, 115–124.
- 103- Van Soest P.J. (1994).** *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2<sup>a</sup> ed Ithaca Cornell University Press. 476p.
- 104- Vera y Vega A. (1986).** Alimentación y pastoreo del Ganado ovino. Servicio de Publicaciones. Universidad de Córdoba. Córdoba. España. Monografía N° 8 pp. 494.
- 105- Wiedmeier R.D., Arambel M.J., Walters J.L. (1987).** Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. *J Dairy Sci* 70:2063-2068.
- 106- Williams P.E.V., Tait C.A.G., Innes G.M., Newbold C.J. (1991).** Effects of the inclusion of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae* plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers. *J. Anim. Sci.* 69:3016.
- 107- Wohlt J.E., Finkelstein A.D., Chung C.H. (1991)** Yeast culture to improve intake, nutrient digestibility and performance by dairy cattle during early lactation. *J Dairy Science* 74:1395-1400.
- 108- Xin Z., Tucker W.B., Hemken R.W. (1989).** Effect of reactivity rate and particle size of magnesium oxide on magnesium availability, acid-base balance, mineral metabolism, and milking performance of dairy cows. *J Dairy Sci* 72: 462-470.
- 109- Yemm E. W., Willis A. J. (1954).** The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochem J.* 57: 508-514.
- 110- Zuccari A.E., Fernández G.D., y Sollazzo L.A. (2007).** Efecto de la restricción en el tiempo de pastoreo durante la lactancia en ovinos. Vº Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, Mendoza, Argentina. \*Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, Argentina. Disponible en:  
[http://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina/119zuccari\\_restricco.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina/119zuccari_restricco.pdf). Fecha de consulta: 5-11-11.