

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**“CONSUMO, DIGESTIBILIDAD Y BALANCE DE NITRÓGENO EN OVINOS  
ALIMENTADOS CON FORRAJE TEMPLADO Y SUPLEMENTADOS O NO CON  
DIFERENTES NIVELES DE GRANO DE SORGO”**

**“por”**

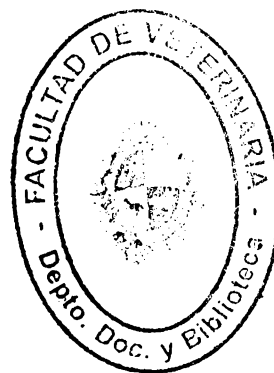
**Leandro, ASSANDRI FERRARA  
Andrés Iván, CABRERA LAVEGLIA  
Álvaro Andrés, GONZÁLEZ CABRERA.**

TESIS DE GRADO presentada como uno de  
los requisitos para obtener el título de Doctor  
en Ciencias Veterinarias  
(Orientación: Producción Animal)

MODALIDAD: Ensayo Experimental



**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2010**



**TESIS aprobada por**

Presidente de mesa:

Lucía Piaggio, Ing Agr. PhD

Segundo Miembro (Tutor):

Martín Aguerre, DMTV, MSc

Tercer Miembro:

Carolina Viñoles, DMTV, MSc, PhD

Co - Tutor:

José Luis Repetto, DMTV, PhD

Co - Tutor:

Cecilia Cajarville, DMTV, PhD

Fecha: 12/10/2010.

Autores:

Leandro ASSANDRI FERRARA

Andrés Iván CABRERA LAVEGLIA

Álvaro Andrés GONZÁLEZ CABRERA

ii

FACULTAD DE VETERINARIA

...12 (doce)...

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Martín Aguerre, nuestro tutor, por su paciencia y dedicación.

A los Drs. José Luis Repetto y Cecilia Cajarville, por su ayuda y apoyo continuo.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional.

A la Dra. Analía Pérez por su ayuda en labores de campo y laboratorio.

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

Al Dr. Alberto Cirio por su aporte en la interpretación de los resultados obtenidos y por los materiales aportados.

A nuestros compañeros tesisistas: Cecilia Acosta, Giorella Pinaccio, Gustavo Persak, Ignacio Cuitiño, Rafael Vera, Rosina Carbone y Vanesa Machado.

A nuestros amigos de Producción 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.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>PÁGINA DE APROBACIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>111</b>
<b>LISTA DE FIGURAS Y CUADROS.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>V1</b>
<b><u>RESÚMEN.....</u></b>	<b>1</b>
<b><u>SUMMARY.....</u></b>	<b>2</b>
<b><u>INTRODUCCIÓN.....</u></b>	<b>3</b>
<b><u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</u></b>	<b>4</b>
1. Rúmen y ambiente ruminal.....	4
2. Carbohidratos, proteínas y su digestión.....	5
3. Consumo.....	7
4. Regulación del consumo en animales a pastoreo.....	9
5. Efectos de la suplementación sobre el consumo y la digestibilidad de animales a pastoreo.....	10
5.1. Efectos de la suplementación sobre el consumo.....	10
5.2. Efectos de la suplementación sobre la digestibilidad.....	13
6. El grano se sorgo como suplemento.....	16
<b><u>HIPÓTESIS.....</u></b>	<b>17</b>
<b><u>OBJETIVO GENERAL.....</u></b>	<b>17</b>
<b><u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</u></b>	<b>17</b>
<b><u>MATERIALES Y MÉTODOS.....</u></b>	<b>18</b>
<b><u>RESULTADOS.....</u></b>	<b>20</b>
<b><u>DISCUSIÓN.....</u></b>	<b>24</b>
<b><u>CONCLUSIONES.....</u></b>	<b>28</b>
<b><u>BIBLIOGRAFÍA.....</u></b>	<b>29</b>

## **LISTA DE TABLAS Y FIGURAS**

Figura 1: Esquema del diseño experimental.....	19
Tabla 1. Composición química de la pastura y grano de sorgo.....	18
Tabla 2. Composición química, nivel de FND proveniente del forraje y porcentaje de MO digestibles de las dietas consumidas por ovinos alimentados con una pastura templada y suplementados con grano de sorgo molido al 0, 0,5, 1,0 y 1,5% del PV.....	21
Tabla 3. Consumo y digestibilidad aparente de la MS y de los compuestos no nitrogenados en ovinos alimentados con una pastura templada y suplementados con grano de sorgo molido al 0, 0,5, 1,0 y 1,5% del PV.....	22
Tabla 4. Consumo, digestibilidad aparente y retención de nitrógeno en ovinos alimentados con una pastura templada y suplementados con grano de sorgo molido al 0, 0,5, 1,0 y 1,5% del PV.....	23

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

AGV: ácidos grasos volátiles.

ALM: almidón.

CCK: colecistoquinina.

CNE: carbohidratos no estructurales.

CNF: carbohidratos no fibrosos.

FAD: fibra ácido detergente.

FND: fibra neutro detergente.

FNDf: fibra neutro detergente del forraje.

HCFF: hidratos de carbonos fácilmente fermentescibles.

MO: materia orgánica.

MS: materia seca.

N: nitrógeno.

NH<sub>3</sub>: amoníaco.

PB: proteína bruta.

PV: peso vivo.

S: media de los grupos suplementados.

SNC: sistema nervioso central.

T1: grupo sin suplementar.

T2: grupo suplementado al 0,5 del peso vivo.

T3: grupo suplementado al 1,0 del peso vivo.

T4: grupo suplementado al 1,5 del peso vivo.

TS: tasa de sustitución.

## Resumen

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto en ovinos en el consumo, en el aprovechamiento digestivo y en el balance de nitrógeno, de la inclusión de diferentes niveles de grano de sorgo en dietas basadas en forrajes templados frescos. Para el trabajo experimental se utilizaron 24 capones Corriedale x Milchschaf de  $45,6 \pm 4,6$  kg de peso vivo (media  $\pm$  desvío estándar), mantenidos en condiciones totalmente controladas, los cuales fueron alimentados con forraje a voluntad y sometidos a 4 tratamientos con diferentes niveles de inclusión de sorgo: T1: 0% de peso vivo (PV), T2: 0,5% de PV, T3: 1,0% de PV y T4: 1,5% de PV, en base seca. Se determinó el consumo de los alimentos, la digestibilidad aparente *in vivo* de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), almidón y el balance de nitrógeno. El consumo de MS, MO y materia orgánica digestible disminuyeron con la suplementación, el aumento de los niveles de inclusión de grano de sorgo no afectó estas variables. La digestibilidad aparente de la MS, MO, FND y almidón no se vieron afectadas por la inclusión del grano en la dieta, sin embargo existió un aumento lineal en la digestibilidad de MS y MO a medida que aumentó el porcentaje de concentrado en la dieta. La digestibilidad aparente de la FAD disminuyó con la inclusión de grano y presentó una tendencia a disminuir a medida que se aumentó el nivel de suplementación. El agregado de sorgo afectó negativamente el consumo, la digestibilidad aparente y la retención de N, mientras que la digestibilidad de este elemento mostró una tendencia a disminuir conforme se incrementó el porcentaje de grano. La suplementación con grano de sorgo a ovinos consumiendo una pastura templada fresca no redundó en mejoras en el consumo, digestibilidad y uso del nitrógeno respecto a los ovinos consumiendo la pastura como único alimento.

## Summary

The aim of this work was to evaluate intake, digestive utilization and nitrogen balance of wethers fed fresh temperate pastures and supplemented with different levels of sorghum grain. Twenty four Corriedale x Milchschaaf wethers of  $45,6 \pm 4,6$  kg of body weight (BW) (mean  $\pm$  SD) housed in metabolic cages, were fed temperate pastures *ad libitum* and non-supplemented or supplemented with ground sorghum grain according 4 treatments; T1: 0% of BW, T2: 0,5% of BW, T3: 1,0% of BW and T4: 1,5% of BW, in dry matter basis. Intake and *in vivo* apparent digestibility of the dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and starch were measured, as well as the nitrogen balance. Dry matter, OM and digestible OM (DOM) intake decreased with supplementation but no effects of grain inclusion levels were found on those variables. Dry matter, OM, NDF and starch apparent digestibility was not affected by the addition of sorghum grain in the diet, although there was a linear increment in the DM and OM digestibility when the percentage of grain in the diet increased. Acid detergent fiber apparent digestibility decreased with supplementation, and it showed a tendency to decrease as the levels of grain in the diet increase. The inclusion of sorghum grain decreased nitrogen intake, apparent digestibility and retention, while the digestibility of this element show a tendency to decrease when the percentage of grain increased. Sorghum grain supplementation of wethers fed a temperate pasture did not improve the intake, digestibility and N utilization when they were compared with wethers consuming pasture as only food.



## **Introducción**

La productividad en rumiantes esta determinada por el consumo de materia seca (MS), la cantidad de nutrientes digestibles de la misma y la eficiencia con que estos son utilizados y transformados en productos. La digestibilidad de la dieta depende principalmente de las características de la misma y de factores del animal como el ambiente ruminal. Un ambiente ruminal óptimo será aquel en el cual la actividad bacteriana sea máxima con el consiguiente aumento de la digestibilidad del alimento.

En nuestros sistemas pastoriles de producción animal la suplementación aparece como una técnica de apoyo dirigida a la búsqueda de una mayor y más eficiente producción. Si bien la suplementación juega un rol importante en los sistemas productivos, no debe considerarse por si misma como un recurso básico, sino como una herramienta complementaria de la producción. Suplementar, en su aceptación mas generalizada, significa cubrir (total o parcialmente) las deficiencias que, en determinadas circunstancias, puede presentar un recurso forrajero básico (Viglizzo, 1981).

La suplementación de ovinos al igual que en bovinos puede ser realizada con diferentes objetivos. En ovinos esta técnica se utiliza principalmente como una estrategia en algunas categorías como ovejas en el último tercio de gestación, primera etapa de lactancia, momentos de condiciones climáticas adversas en donde la cantidad y/o calidad del pasto son insuficientes y con menos frecuencia para la recria. También ha sido utilizada con el fin de mejorar los índices de procreo previo a la encarnerada o para la producción de cordero pesado como suplemento en pasturas de alta calidad y manejadas con altas cargas. Los principales efectos de la suplementación ocurren sobre el consumo y la digestibilidad del forraje, como resultados de alteraciones en la poblaciones microbianas y en el ambiente ruminal, los cuales afectan la digestión ruminal y el flujo de la digesta (Maccari, 2006).

A través de este trabajo se pretende estudiar en ovinos el efecto sobre el consumo, la digestibilidad y la retención de nitrógeno de la inclusión de distintos niveles de grano de sorgo en dietas basadas en forraje templado fresco, para así brindar elementos que permitan definir su grado de participación en dietas de base pastoril. Esta información puede ser de interés para el sector productivo, dado que aportaría datos nacionales, hasta el momento poco disponibles.

### 1. Rumen y ambiente ruminal

Los rumiantes poseen un mecanismo de digestión muy desarrollado y especializado que les permite un acceso eficiente a la energía a partir de alimentos fibrosos (Van Soest, 1994). El rumen actúa como una cámara de fermentación que bajo condiciones controladas de anaerobiosis, pH y temperatura, permite la digestión de alimentos por parte de microorganismos. De este modo el rumiante es capaz de obtener energía de los componentes fibrosos de la dieta y proteína de alta calidad proveniente de la digestión intestinal de la proteína microbiana.

El complejo retículo-ruminal aloja los alimentos consumidos y los organiza según su densidad y tamaño de partículas. Su coordinada actividad mecánico-bioquímica efectúa la digestión ruminal, que conduce a la degradación de carbohidratos estructurales y no estructurales y proteínas del alimento con la consecuente producción de ácidos grasos volátiles (AGV) de bajo peso molecular, los cuales son utilizados como elementos energéticos por parte del animal y para la síntesis de vitaminas y aminoácidos esenciales y no esenciales por parte de los microorganismos ruminales (Van Soest, 1994).

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 amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) 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).

La microbiota ruminal esta constituida fundamentalmente por bacterias, hongos, protozoarios y micoplasmas, en donde las bacterias representan la mayor y más diversa población microbiana (Phillips y Gordon, 1995). Dicha población se puede clasificar de acuerdo a los sustratos utilizados y a los productos finales producidos (Hungate, 1966). Los principales grupos así definidos son: celulolíticos, hemicelulolíticos, pectinolíticos, amilolíticos, ureolíticos, metanogénicas, proteolíticos y productores de  $\text{NH}_3$ . Por su parte, de acuerdo al lugar que las bacterias ocupan en el rumen, Cheng y Costerton (1980), las clasificaron en: bacterias adheridas a las partículas alimenticias (SAB, solid adherent bacteria), libres en el líquido ruminal (LAB, liquid associated bacteria) o fijadas a la pared interna del rumen (flora epimural).

Los protozoarios constituyen aproximadamente el 50% de la biomasa microbiana del rumen. Se encuentran generalmente libres en el líquido ruminal, pero en algunos casos se fijan a las partículas vegetales (Hungate, 1966).

De la degradación de los alimentos, los microorganismos obtienen energía y materia prima (aminoácidos,  $\text{NH}_3$ , esqueletos carbonados, azufre) para sintetizar sus propias proteínas que aseguren su crecimiento y reproducción. Esta proteína microbiana, de

mayor valor biológico que la proteína vegetal, será degradada y absorbida a nivel intestinal por el rumiante (Van Soest, 1994).

## **2. Carbohidratos, proteínas y su digestión.**

Los carbohidratos (CH) constituyen el 50-80% de la MS de los forrajes y concentrados. Las características nutritivas de éstos dependen de sus azúcares constituyentes, de las uniones que éstos poseen con la lignina así como también de otros factores fisicoquímicos como solubilidad, hidrólisis y conformación molecular (Van Soest, 1994).

Los CH son la fuente de energía más importante para los microorganismos ruminales (Hungate, 1966) y el componente cuantitativamente más importante en la dieta de los rumiantes. Su principal función es proveer energía a los microorganismos del rumen y al animal en si. Una función secundaria pero no menos importante es promover un ambiente saludable a lo largo de tracto gastrointestinal, principalmente a través de la regulación del pH ruminal (NRC, 2001).

Desde el punto de vista fisicoquímico los CH se pueden clasificar en estructurales y no estructurales. Desde el punto de vista nutricional se dividen en fibrosos y no fibrosos (Van Soest, 1994). Los carbohidratos no fibrosos (CNF) y los carbohidratos no estructurales (CNE) engloban fracciones distintas (NRC, 2001). Las concentraciones de CNF y CNE no son iguales para muchos alimentos y es así que los términos no deben de usarse indistintamente. La mayor diferencia es causada por la pectina y los ácidos orgánicos. La pectina es incluida en los CNF pero no en los CNE (NRC, 2001).

Los CNE están representados básicamente por los azúcares, almidones, ácidos orgánicos y CH de reserva (fructanos). Éstos al igual que las pectinas son altamente digestibles y generalmente aumentan en la dieta a expensas de la fibra neutro detergente (FND) (NRC, 2001). Los CNF se caracterizan por presentar una alta solubilidad en el medio ruminal y por lo tanto presentan una rápida fermentación. Conjuntamente con el nitrógeno (N) constituyen un sustrato fundamental para los microorganismos ruminales y pueden disminuir las pérdidas de N bajo la forma de  $\text{NH}_3$  ruminal favoreciendo la síntesis de proteína microbiana (Azevedo do Amaral, 2008).

Fibra ácido detergente (FAD) y FND son los indicadores mas comúnmente utilizados para determinar el nivel de fibra de un alimento. La FND incluye la mayoría de los componentes estructurales de las células de los vegetales (celulosa, hemicelulosa y lignina) mientras que la FAD no incluye la hemicelulosa. La FND es la fracción que mejor diferencia los CNE de los estructurales y comprende todos los compuestos químicos que comúnmente se agrupan dentro del concepto de fibra (NRC, 2001).

La FND es menos digestible que los CNF, además su concentración en los alimentos esta correlacionada negativamente con el contenido de energía (Van Soest, 1994). A su vez, su digestibilidad depende de su composición química (proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina). Es por esto que dietas con similar contenido de FND no necesariamente poseen valores iguales de energía neta (Van Soest, 1994).

Existe una correlación negativa entre el consumo de MS y en contenido de FND, o pared celular de los forrajes (Osbourn y col., 1974). Esta correlación se mantiene incluso cuando parte del forraje es reemplazado por concentrado (Rearte y Santini, 1989; Reis y Combs, 2000; Kozloski y col., 2006 a y b). el Khidir y Vestergaard (1983) y Phipps y col. (1984) reportaron que cuando las dietas contienen hasta 65% de concentrado o 32% o más de FDN el consumo es controlado por mecanismos físicos y no por fisiológicos.

Los rumiantes pueden satisfacer sus necesidades proteicas fundamentalmente por medio de dos vías. La fuente más importante la constituye la proteína de origen microbiana que se forma en rumen a partir de una fuente energética, constituida principalmente por CH, y de compuestos nitrogenados simples (Wallace y Cotta, 1988). Para favorecer el crecimiento microbiano e incrementar el flujo de proteína microbiana al duodeno es necesario a su vez, una correcta sincronización en el rumen del aporte de materias nitrogenadas y CH de fácil fermentación (Russell y col., 1983; Berzaghi y col., 1996). La otra vía la constituyen las proteínas provenientes del alimento que escapan a la degradación ruminal (*by-pass*). Esta fracción la constituyen básicamente las proteínas insolubles debido a que son menos accesibles a los microorganismos y a las enzimas responsables de su degradación.

El proceso hidrolítico de las proteínas esta a cargo de las bacterias ruminales. La tasa y grado a los cuales ocurre esta degradación depende de la actividad proteolítica de la microflora y del tipo de proteína proveniente del alimento. El resultado de esta acción proteolítica son péptidos, aminoácidos y  $\text{NH}_3$ . De acuerdo con Kopecny y Wallace (1982), el pH óptimo para la acción de las enzimas proteolíticas se sitúa entre 5.5 y 7.0.

Cuando los aportes de proteína de la dieta son escasos, la mayoría de las bacterias ruminales poseen la capacidad de utilizar el  $\text{NH}_3$  como fuente de N. Una forma de mejorar la utilización del  $\text{NH}_3$  por parte de los microorganismos ruminales, es adicionando granos a la dieta ya que se produciría un aumento de energía disponible para los microorganismos favoreciendo la producción de proteína microbiana. Los granos, dado su elevado contenido en almidón (que oscila entre 57 y 70% según Offner y col., 2003) constituyen una buena fuente de hidratos de carbonos fácilmente fermentescibles (HCFE) en el rumen aumentando la síntesis de proteína microbiana.

Estudios realizados sobre praderas templadas implantadas en Uruguay, demostraron que este tipo de forraje se caracteriza por presentar alta digestibilidad y alto contenido de proteína bruta (PB) con una rápida velocidad de degradación ruminal (Repetto y col., 2005a). A raíz de la alta degradación, se forman grandes cantidades de  $\text{NH}_3$  que llevan a pérdidas de N debido a su absorción a nivel ruminal (Elizalde y col., 1999; Azevedo do Amaral, 2008). En consecuencia, la cantidad de N que llegue a partes posteriores del tracto digestivo dependerá de la capacidad que posean los microorganismos ruminales para captar el  $\text{NH}_3$  a nivel ruminal y sintetizar su propia proteína (Elizalde y col., 1999; García y col., 2000; Azevedo do Amaral, 2008).

Cuando los rumiantes consumen pasturas de alta calidad, las concentraciones de  $\text{NH}_3$  presentes en el rumen son variables (6 a 30 mg/dL), aunque generalmente superiores a las consideradas como limitantes (5 mg/dL) para maximizar la síntesis de proteína microbiana según diversos autores (van Vuuren y col., 1986; Nápoli y Santini, 1988a;

Khalili y Sairanen, 2000). Los trabajos realizados en nuestro país, por el Departamento de Nutrición de la Facultad de Veterinaria, con bovinos pastoreando praderas implantadas de gramíneas y leguminosas reflejan que las concentraciones de  $\text{NH}_3$  ruminales son elevadas (20,1 mg/dL en promedio), y por lo tanto no serían la limitante para el crecimiento microbiano (Cajarville y col., 2006). No obstante, este tipo de forraje contiene niveles variables de HCFF, lo que podría limitar la eficiencia de utilización del N por los microorganismos ruminales (Nápoli y Santini, 1988 a y b; Rearte y Santini, 1989; Sauvant y col., 1995; Berzaghi y col., 1996; Elizalde y col., 1996; Hristov y col., 1997; Heldt y col., 1999; Kim y col., 1999, Khalili y Sairanen, 2000; Trevaskis y col., 2001).

El efecto de la inclusión de concentrados en dietas a base de pasturas de buena calidad sobre el consumo y digestión de N ha sido estudiada por varios autores (van Vuuren y col., 1993; Elizalde y col., 1999; Azevedo do Amaral, 2008). Según estos autores, cuando se incluyen suplementos energéticos en la dieta, el consumo de N proveniente de la pastura disminuye y en efecto, se observa generalmente una disminución del consumo de N total. Sin embargo, otros autores hallaron que a medida que aumenta el porcentaje de suplemento en la dieta los animales mostraron mayores consumos de N, estos autores atribuyen dicho aumento a un efecto aditivo del suplemento en el consumo de MS total (Reis y Combs, 2000; Kozloski y col., 2006a).

### **3. Consumo**

El consumo voluntario es determinante en la producción animal, pues es uno de los factores que determina el aporte de nutrientes para satisfacer las necesidades de mantenimiento y producción. El mismo puede estar regulado por agentes físicos, fisiológicos, psicogénicos (Forbes, 1995) y dependen de aspectos vinculados al animal, al alimento, a las condiciones de alimentación y al medio ambiente (Mertens, 1994).

Tradicionalmente la regulación del consumo se ha separado en dos ramas: una enfatiza en la regulación metabólica por parte del animal y la otra que apunta hacia la regulación del funcionamiento digestivo a través del tránsito de la digesta (Van Soest, 1994). Según Mertens (1994) y Forbes (1995), cuando la densidad energética de la dieta es alta o el contenido de fibra es bajo, el consumo es regulado por la demanda fisiológica de energía. Sin embargo en condiciones en que las dietas son altas en el contenido de fibra o de baja densidad energética, el consumo se rige por mecanismos físicos, como el efecto de llenado de rumen-retículo, rumia y actividad ruminal.

Según Van Soest (1994), una de las teorías acerca de la regulación del consumo en los rumiantes se basa en el concepto de la saciedad, según esta teoría el animal consume hasta que sus requerimientos metabólicos son cubiertos y un exceso de los nutrientes circulantes produce la cesación de la ingesta. Una dificultad que plantea esta teoría es identificar la sustancia que desencadena la cesación de la ingesta, la cual podría estar determinada por un nutriente absorbido o por una hormona producida por el organismo. En los no rumiantes la absorción de glucosa y el consecuente aumento en la glucemia y por ende de la insulina se cree que son la causa de la disminución de la ingesta (Van Soest, 1994; Forbes, 2007). Los rumiantes funcionales, sin embargo, no presentan un

aumento post-prandial de azúcares en sangre aún cuando consuman CH digestibles. Esto es debido a que la mayoría de los azúcares y el almidón son fermentados en el rumen a AGV y a que el flujo de nutrientes hacia el duodeno es relativamente constante. A su vez, los requerimientos de glucosa metabolizable son cubiertos a través de la gluconeogénesis a partir de otros metabolitos (Van Soest, 1994; Forbes, 1995).

Distintas sustancias se han propuesto como responsables de desencadenar la sensación de saciedad en rumiantes, entre ellas, ácido acético, propiónico y posiblemente otros metabolitos que actúan como gatillo. Los AGV pueden actuar como reguladores del consumo y se han propuesto como metabolitos intermediarios responsables de desencadenar la sensación de saciedad. Acetato y propionato son más efectivos que el butirato en desencadenar la finalización de la ingesta (Van Soest, 1994). Estos metabolitos estimularían la secreción de algunas hormonas peptídicas como la colecistoquinina (CCK) principalmente por el hipotálamo (Van Soest, 1994). Esta hormona fue una de las primeras sustancias descritas como reguladoras del consumo en animales domésticos. Existe evidencia de que la CCK secretada por el sistema nervioso central (SNC) es el factor regulador de la saciedad en los ovinos (Baile y Della-Fera, 1984; NRC, 2001). Un segundo grupo de hormonas que afectan el consumo son los péptidos opioides que pueden causar que animales "lentos" continúen comiendo, probablemente reduciendo la sensación de presión a nivel del tracto gastrointestinal (NRC, 2001). Más recientemente se ha demostrado que la leptina también está implicada en el control del consumo en rumiantes. Este metabolito se produce proporcionalmente tanto al número de adipocitos existentes en el organismo así como también al tamaño de los mismos y actúa a nivel del SNC inhibiendo el consumo (Forbes, 2007).

Bajo las condiciones usuales de manejo en rumiantes a pastoreo la energía raramente actúa como limitante del consumo, es por esto que otros factores pueden interactuar y afectar la ingesta de MS como lo 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 distensión de las paredes ruminales. A su vez, la mayor producción de ácido acético producto de dietas con alto contenido en fibra actuaría como una conexión entre la teoría de llenado y la disminución del consumo por los AGV. La FND fermenta y pasa por el retículo-rumen más lentamente que otros componentes de la dieta y ha sido descrita como uno de los mejores predictores químicos del consumo de MS en rumiantes. Sin embargo otros factores también afectan el llenado, como el tamaño de las partículas, frecuencia de masticación y su efectividad, la fragilidad de la partícula, la fracción indigestible de la FND, la tasa de fermentación de la fracción potencialmente digestible de la FND y las características de las contracciones reticulares (Allen, 1996).

Otro aspecto que podría estar implicado en la regulación del consumo de animales consumiendo pasturas de baja calidad sería el nivel de N en la dieta. Este tipo de forraje podría ser deficientes en N u otros nutrientes, lo que retardaría la digestión ruminal debido a que los requerimientos nutricionales de la microflora ruminal no serían satisfechos (Van Soest, 1994). Una teoría alternativa a las antes planteadas incluye la respuesta a efectos termogénicos. De acuerdo con esta teoría la producción de calor limitaría el consumo bajo condiciones de estrés calórico (Forbes, 2007).

Dado los numerosos factores con los cuales el consumo esta correlacionado, no hay dudas que la regulación del mismo es multifactorial, y la mayoría de los autores que han estudiado el tema reportan dicho fenómeno (Baile y Della-Fera, 1984; Van Soest, 1994; Allen, 1996; NRC, 2001; Bargo y col., 2003; Forbes, 2007). En este sentido existiría un *feed-back* proveniente de diversos sensores como grado de repleción de los adipocitos (leptina), grado de distensión de las vísceras y otros factores externos como condiciones climáticas, interacciones sociales, entre otros, cuya información es integrada por el SNC (NRC, 2001; Forbes, 2003). La existencia de un centro de la saciedad en el hipotálamo ha sido demostrada a través de la implantación de electrodos en este órgano. El inicio y final del consumo puede ser desencadenado por señales apropiadas a partir de este órgano (Baile y Della-Fera, 1984). Forbes (2003) en su revisión plantea la teoría de la regulación del consumo por “el mínimo discomfort”, donde los animales se esfuerzan por reducir al mínimo dicho malestar. El “discomfort” aumenta con el exceso o deficiencia de un nutriente, con la distensión del estómago o de los intestinos, con presiones sociales, entre otros. Cada uno de estos factores, cuando se ubican fuera de los valores considerados “óptimos” generan lo que este autor denomina “discomfort” y la suma de ellos contribuyen a un grado de “discomfort total” el cual interviene en la regulación del consumo. Esta teoría pretende integrar todos los mecanismos antes mencionados para la regulación del consumo y actualmente parece ser la más aceptada para explicar las variaciones que ocurren a nivel del consumo total de MS al incluir concentrados en la dieta.

#### **4. Regulación del consumo en animales a pastoreo**

La producción en nuestros rodeos vacunos y ovinos esta fuertemente influenciado por la cantidad y la calidad del forraje ofrecido. En estos sistemas pastoriles, el consumo de forraje depende de diferentes factores, dentro de los cuales se destacan: la disponibilidad por hectárea, la calidad del mismo y asignación, entre otros (Rearte y Santini, 1989).

El grado de limitación o restricción en la oferta de pasturas depende de dos factores: la disponibilidad global de nutrientes de la pastura por hectárea y la carga animal. La primera dependerá directamente de la cantidad y calidad de las pasturas presentes en un momento dado. Pero, es importante referir esta variable a otra que será factor determinante de su tasa de utilización: la carga animal. En definitiva, una pastura puede o no ser limitante, según la carga o presión de pastoreo que sostenga (Viglizzo, 1981).

En animales a pastoreo, cuando la cantidad de forraje es lo suficientemente alta, el consumo se regula por los mecanismos antes explicados. En el caso inverso, cuando la cantidad de forraje es baja, en términos de kg MS/há, el consumo es limitado por el comportamiento ingestivo del animal a través de limitaciones en el peso de bocado, la tasa de bocado (número de bocados por minutos) y/o el tiempo de pastoreo (Cangiano, 1997). Otros factores que pueden estar involucrados en el consumo de forraje están relacionados con el animal, la pastura, el manejo, y el ambiente. Con respecto al animal, se puede citar la edad, el peso, el estado de preñez o de lactancia, el nivel de producción y la condición corporal; en relación a la pastura, la digestibilidad, la

composición química, las especies, la cantidad de forraje y grado madurez; en lo referente al manejo, la cantidad de forraje por animal y por día, la suplementación, la fertilización y el sistema de pastoreo; y con respecto al ambiente, la temperatura, la humedad, el fotoperíodo, la velocidad del viento, entre otros (Cangiano, 1997).

Los estudios realizados en condiciones de estabulación, con forraje fresco, en los que se investigaron los parámetros nutricionales que afectan el consumo, ayudan a explicar el consumo en pastoreo cuando existen altas cantidades de forraje por animal o altas cantidades de forraje por hectárea al final del pastoreo, o sea, en otros términos, cuando la disponibilidad no es limitante (Cangiano, 1997). En estas condiciones productivas, el consumo se ve limitado fundamentalmente por el llenado del rumen, el cual depende principalmente del contenido de pared celular, de su grado de lignificación y de la resistencia a la rotura en partículas más pequeñas por digestión y rumia (Balch y Campling, 1962).

## **5. Efectos de la suplementación sobre el consumo y la digestibilidad en animales a pastoreo**

### **5.1. Efectos de la suplementación sobre el consumo**

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; Moore y col., 1999). A su vez, en animales a pastoreo existen factores asociados a las pasturas y su manejo, como altura, densidad, oferta, tiempo de pastoreo, entre otros, que afectan el consumo total de MS (Poppi y col., 1987; Mayne y Peyraud, 1996; Peyraud y col., 1998).

Cuando se incluyen concentrados energéticos en dietas de base pastoril, distintas interacciones entre los alimentos pueden existir. Estas interacciones pueden determinar diferentes efectos sobre el consumo de forraje y de alimento total (Dixon y Stockdale, 1999). Los efectos en el consumo voluntario del forraje son usualmente mayores que sobre la digestibilidad de los componentes fibrosos, aunque los cambios en el consumo de forraje probablemente estén relacionados a cambios en el nivel de digestión de dichos componentes (Dixon y Stockdale, 1999). Dixon y Stockdale (1999) en su revisión, plantean que la suplementación con granos de cereales, en rumiantes alimentados con dietas pastoriles, puede tener efectos tanto negativos como positivos en el consumo voluntario y la digestión del forraje.

Los efectos negativos de la asociación, donde los granos disminuyen el consumo voluntario y/o digestión de los forrajes ocurren frecuentemente debido a cambios en el pH ruminal que ocasiona disturbios en la población microbiana del rumen, aumentando la flora amilolítica y disminuyendo la flora celulolítica. Esta última es responsable de la degradación de los CH que constituyen los componentes fibrosos de los forrajes, teniendo como consecuencia una disminución en la eficiencia de utilización del forraje además de la menor digestión de los componentes fibrosos (Dixon y Stockdale, 1999).



Los efectos positivos de la asociación de granos y forraje se observan cuando se incrementa el consumo voluntario y/o la digestibilidad de la dieta, estos cambios son usualmente debidos al consumo de un nutriente limitante. Matejovsky y Sanson (1995), trabajando en ovinos con dietas a base de forrajes de baja calidad y suplementados con grano de maíz al 0,25, 0,5 y 0,75% del PV, observaron que a bajos niveles de suplementación energética (0,25% del PV) el consumo de forraje se vio levemente incrementado, no observándose este efecto con los mayores niveles de suplementación (0,5 y 0,75% del PV). En el mismo sentido, Caton y Dhuyvetter (1997) en su revisión afirman que los estudios que reportan aumentos en el consumo de forraje a bajos niveles de suplementación, ocurren generalmente en ovinos más que en bovinos.

Según Lange (1980), el efecto sobre el consumo total de MS al agregar concentrados en la dieta podrá ser de distintos tipos: aditivo, cuando el consumo de suplemento se suma al consumo actual de forraje del animal y de esta manera el consumo total de MS se ve incrementado; sustitutivo, es el caso en el que el suplemento deprime el consumo de forraje de forma tal que el consumo total de MS no se ve afectado; aditivo-sustitutivo, se da cuando se combina los efectos anteriores, o sea, ocurre sustitución de forraje por concentrado pero el consumo total de MS se ve incrementado, esto ocurre generalmente cuando se suplementan pasturas templadas de buena calidad con suplementos energéticos como los granos de cereales; aditivo con estímulo, se presenta en aquellos casos en los que el consumo de suplemento estimula la ingesta de forraje, normalmente ocurre con suplementación proteica sobre forrajes de mala calidad, pues favorece la acción de microorganismos de forma tal que se incrementa la digestibilidad del forraje lo que determina aumentos en el consumo total; sustitutivas con depresión, donde el suplemento es de menor valor nutritivo que la pastura, y su consumo deprime el consumo total y la performance animal, esta situación también puede ocurrir cuando el suplemento contiene altos niveles de aceites o cuando la suplementación determina disturbios ruminales que afectan la salud del animal.

La sustitución del forraje a expensas del concentrado se puede cuantificar mediante la tasa de sustitución (TS) la cual se puede calcular como:  $TS (kg/kg) = (A-B)/C$ , en donde A corresponde al consumo de MS de forraje del grupo sin suplementar, B el consumo de MS de forraje en el grupo suplementado y C los kg de suplemento consumido por los animales. Cuando la TS es menor a 0, el consumo de forraje del grupo suplementado es mayor al del grupo sin suplementar (adición con estímulo), por su parte, cuando la TS es igual a 0, el consumo de forraje es igual tanto para el grupo suplementado como para el grupo sin suplementar, sin embargo el consumo total de MS es mayor en el grupo suplementado (adición), cuando la TS se encuentra entre 0 y 1, la inclusión del suplemento determina que el consumo de forraje del grupo suplementado sea menor que el grupo sin suplementar pero con mayores consumos totales de MS (adición con sustitución). Según Dixon y Stockdale (1999) esto ocurre frecuentemente cuando animales consumiendo pasturas templadas de buena calidad son suplementados con concentrados energéticos. En el caso de que la TS sea igual a 1, la inclusión del suplemento no determina diferencias en el consumo entre grupos suplementados y no suplementados (efecto de sustitución), mientras que si la TS es mayor a 1 el consumo total del grupo suplementado es menor que el del grupo sin suplementar (sustitución con depresión).

La TS es uno de los principales factores que explican la variación observada en la respuesta productiva a la suplementación (Stockdale, 2000). Diversos factores afectan la TS en animales a pastoreo, entre ellos factores vinculados con la pastura, el suplemento y el animal. En cuanto a la pastura, Piaggio (2009) señala que el grado de sustitución de forraje por concentrado depende de la calidad y cantidad de forraje disponible. Dixon y Stockdale (1999) en su revisión sostienen que el efecto de sustitución se hace más evidente cuando los animales consumen una pastura de buena calidad. Matejovsky y Sanson (1995), trabajando en ovinos con dietas con niveles crecientes de proteína cruda y grano de maíz, observaron que las TS eran mayores a medida que se incrementaba el tenor proteico de la dieta. Bargo y col. (2002) trabajando con vacas de alta producción, encontraron que la TS fue mayor cuando las vacas suplementadas pastoreaban en pasturas de alta disponibilidad lo cual se relacionó además con menores tiempos de pastoreo y con efectos negativos a nivel ruminal como menores pH ruminales y menor digestibilidad de la fibra. Bargo y col. (2003), concluyeron que la magnitud de la respuesta productiva dependerá, sobre todo, de la disponibilidad de pasto. Si el forraje es cuantitativamente limitante, es posible esperar una respuesta mayor a la suplementación que cuando no lo es. Es así que del análisis de los trabajos consultados se podría afirmar que de los factores relacionados a la pastura, el consumo voluntario de forraje, determinado por la disponibilidad de forraje por animal, tendría una mayor importancia en la determinación de la TS que la calidad de la pastura.

Con respecto al tipo de suplemento, Viglizzo (1981) afirmó que el suplemento utilizado podría influir marcadamente en el consumo de pastura. En general, la suplementación a base de forrajes provoca una disminución del consumo de pasto mayor que cuando la suplementación es a base de concentrados (Stockdale, 2000; Bargo y col., 2003). Con respecto a los tratamientos aplicados sobre los concentrados, Ørskov y Fraser (1975) trabajando con ovinos y utilizando como suplemento grano entero de cebada encontraron TS de 0,37 de heno por concentrado y cuando se administró cebada molida, la TS fue de 0,53 probablemente asociado a una mayor disponibilidad de almidón y por lo tanto un descenso más rápido del pH asociado a una menor digestibilidad de la FND.

La cantidad de suplemento incluido en la dieta también influye en la TS (Elizalde y col., 1999; Reis y Combs, 2000; Stockdale, 2000; Forbes 2007). Reis y Combs (2000) evaluando en bovinos de leche el efecto de inclusión de grano de maíz en dietas a base de pasturas templadas de buena calidad, reportaron una TS de 0,24 y 0,41 cuando se adicionaban 5 y 10 kg de grano respectivamente. En el mismo sentido, Sairanen y col., (2005) encontraron aumentos en la TS de 0,24 a 0,73 cuando incrementaron el nivel de concentrado de 3 a 6 kg por vaca lechera consumiendo forrajes templados de alta calidad. Según Stockdale (2000), la TS se incrementa 0,03 kg MS por cada kg de concentrado suministrado, lo que podría indicar que a mayores niveles de suplementación la TS tiende a incrementarse en animales consumiendo pasturas de buena calidad. Sin embargo, Elizalde y col. (1999) trabajando con novillos que consumían alfalfa en estado vegetativo y suplementados con grano de maíz a 0,4, 0,8 y 1,2% del PV, encontraron una TS de 0,85, 0,70 y 0,76 respectivamente, sin encontrar diferencias entre los distintos tratamientos.

Existen diversas teorías que intentan explicar porque se da sustitución cuando se suplementa animales a pastoreo. Adams (1985) y Krysl y Hess (1993) proponen que la TS se explica por menores tiempos de pastoreo debido a que se insume tiempo para consumir el concentrado. En el mismo sentido, Bargo (2003) reporta que por cada kg de concentrado suministrado a vacas lecheras en pastoreo, se reduce el tiempo de pastoreo en 12 minutos no viéndose afectada ni la tasa ni el peso de bocado. Sin embargo, DelCurto y col. (1990) indican mínimos cambios en el tiempo de pastoreo en respuesta a la suplementación. Otra teoría que se plantea para explicar la TS está relacionada a la digestibilidad de la FND. Dixon y Stockdale (1999) plantean que al incluir concentrados energéticos en dietas a base de forraje, se produce un descenso del pH ruminal, disminución de la flora celulolítica y por ende disminución de la digestibilidad de la FND que podría ser la explicación del descenso del consumo de forraje. Por último, Forbes (2007) relaciona la TS con el estatus energético del animal, donde el animal cuanto más alejado está de cubrir sus requerimientos energéticos, menor TS presentará.

## **5.2. Efectos de la suplementación sobre la digestibilidad**

Teóricamente los concentrados poseen mayor digestibilidad de la MO que el forraje, es por ello que cuando dietas a base de pastura son suplementadas, la digestibilidad total de la MO generalmente aumenta (Dixon y Stockdale, 1999; Reis y Combs, 2000; Bargo, 2003). Sin embargo, el agregado de concentrado en la dieta puede afectar la digestibilidad de la fibra, con lo cual los efectos de la suplementación sobre la digestibilidad de la MO de la dieta podrían ser menores a los esperados (Dixon y Stockdale, 1999). A su vez, cuando los animales se encuentran consumiendo pasturas de baja calidad, en donde la proteína cruda es limitante, la suplementación energética por si sola puede empeorar la deficiencia de ésta, resultando en menores digestibilidades y consumos de MO (Sanson y col., 1990).

Distintos trabajos realizados sobre animales consumiendo pasturas de alta calidad informan diferentes efectos de la adición de grano sobre la digestibilidad de la MO. Por un lado, Murphy y col. (1994), Matejovsky y Sanson (1995), Dixon y Stockdale (1999), Reis y Combs (2000), Lardy y col. (2004) y Kozloski y col. (2006a) afirman que existe una relación lineal aumentando la digestibilidad de la MO a medida que se incrementan los porcentajes de inclusión de grano en la dieta. Sin embargo, otros autores no observaron dicho efecto cuando incluyeron concentrados en dietas de animales consumiendo este tipo de pasturas (van Vuuren y col., 1993; García y col., 2000; Pavan y Duckett, 2008).

Kozloski y col. (2006a) trabajando con ovinos consumiendo heno de una gramínea tropical (*Pennisetum purpureum*) más urea y suplementados con grano de maíz al 0; 0,5; 1,0 y 1,5% del PV encontraron que la digestibilidad de la MO aumenta linealmente con la inclusión de concentrado. En el mismo sentido, Matejovsky y Sanson (1995) trabajando también en ovinos reportaron que cuando dietas a base de heno de alta calidad eran suplementadas al 0,25; 0,5 y 0,75% del PV, la digestibilidad de la MO también se vio incrementada. Resultados similares fueron presentados por Ferrell y col.

(1999), quienes utilizando capones sobre pasturas de baja calidad y suplementados con concentrados proteicos o energéticos, observaron aumentos en la digestibilidad de la MO para ambos suplementos. Por su parte, Tebot (2008) cuando evaluó el efecto de la inclusión de concentrado sobre la digestibilidad de la MO en ovinos consumiendo pasturas en estado vegetativo temprano, no encontró cambios en la digestibilidad de la misma, mientras que, cuando utilizó pasturas en estado vegetativo tardío, este parámetro se vio incrementado. Por su parte en bovinos, Elizalde y col. (1999) y Lardy y col. (2004) ambos utilizando niveles crecientes de suplementación encontraron que la digestibilidad de la MO aumenta linealmente a medida que se incrementa la proporción de grano en la dieta. Aguerre (2010) también trabajando en bovinos suplementados con niveles crecientes de grano de sorgo molido y en dietas a base de pasturas templadas de buena calidad, reportó un incremento en la digestibilidad de la MO cuando comparó grupos suplementados con el grupo sin suplemento, pero no observó en este parámetro un efecto por el nivel de suplementación. Datos similares fueron descritos por Krysl y col. (1989), quienes trabajando en novillos consumiendo dietas basadas en pasturas y suplementados con grano de sorgo encontraron que la inclusión del concentrado aumentaba la digestibilidad total de la MO.

En otro sentido, García y col. (2000) trabajando en bovinos pastoreando avena en estado vegetativo suplementados con maíz y cebada, y Pavan y Duckett (2008) también en bovinos suplementados con grano de maíz en dietas a base de festuca, encontraron que la inclusión de suplemento no alteró la digestibilidad total de la MO. En el mismo sentido, van Vuuren y col. (1993) suplementando con concentrados ricos en almidón o fibra a bovinos consumiendo una gramínea templada, no encontraron cambios en la digestibilidad de la MO, sin embargo, si observaron cambios en el sitio de digestión de la misma cuando se suplementó con el concentrado rico en almidón. Según los autores esto fue debido a una disminución en la digestibilidad a nivel ruminal y a un aumento en la digestibilidad a nivel intestinal, lo cual es reflejo de un mayor pasaje de almidón a los sectores posteriores del tracto gastrointestinal. Como se ve, existen diferentes resultados en cuanto a cómo se ve afectada la digestibilidad de la MO al incluir concentrados en animales consumiendo pasturas de buena calidad. En general, los autores que encuentran un incremento de la digestibilidad de la MO con el agregado de concentrado en la dieta, en su mayoría coinciden en que este incremento es debido al mayor consumo de suplemento el cual posee mayor digestibilidad de la MO que el forraje. Por otro lado, los que no observan dichos cambios atribuyen este efecto a que la disminución en la digestibilidad de la fibra enmascara la mayor digestibilidad de la MO del concentrado.

La adición de un suplemento a base de CNF normalmente deprime el consumo y la digestibilidad del forraje en bovinos (Chase y Hibberd, 1987; DelCurto y col., 1990; Sanson y col., 1990) y en ovinos (Kozloski y col., 2006a). Cuando dietas a base de forrajes son suplementadas con HCFF la digestión de la fibra puede verse reducida (Hoover, 1986; Bargo y col., 2002). Hoover (1986) afirma que la adición de 10 a 15% de HCFF puede deprimir la digestión de la fibra, mientras que depresiones mayores se observan cuando los niveles de HCFF o grano superan el 30% de la MS total.

Distintos factores se han propuesto para explicar la disminución de la digestibilidad de la fibra al incluir HCFF a dietas a base de forraje (Hoover, 1986). Uno de ellos es que

existiría una preferencia por parte de los microorganismos ruminales por la digestión de HCFF en lugar de los componentes de la fibra. Por otro lado, podría existir una competencia por nutrientes esenciales, produciendo la proliferación diferencial de microorganismos que digieren los HCFF. Por último, una disminución en el pH ruminal causado por la fermentación rápida de HCFF podría causar una depresión en la degradación de fibra (Hoover, 1986). En este sentido, Mould y Ørskov (1984) afirman que el almidón, procedente del suplemento reduce la digestión de la fibra a través de una caída en el pH ruminal y una disminución en los organismos celulolíticos. Una reducción moderada del pH a 6,2 deprime la digestión de la fibra, mientras que, un descenso más severo de pH reduce el número de bacterias celulolíticas y limita notoriamente la digestión de la fibra. Por otro lado descensos de pH por debajo de 6 provoca una severa pérdida de actividad en la flora celulolítica, con completa cesación de la digestión de la fibra entre 4.5 y 5.0 (Hoover y col., 1984). Es por esto que el pH ruminal sería el principal responsable de la disminución de la digestibilidad de la fibra cuando se incluyen HCFF a dietas a base de forraje.

Al igual que lo ocurrido con la digestibilidad de la MO, cuando se analizan los datos obtenidos por los diferentes autores en cuanto a la digestibilidad de la fibra, los resultados no son concluyentes. De los autores consultados que trabajaron en ovinos, Matejovsky y Sanson (1995) reportaron que tanto la digestibilidad de la FND como la de la FAD no se vieron afectados por la inclusión de grano de maíz en la dieta. En tanto Kozloski y col. (2006a), si observaron que la digestibilidad de la FND disminuía linealmente a medida que se incrementaban los porcentajes de grano de maíz en la dieta. Tebot (2008) trabajando con ovinos consumiendo avena en dos estados vegetativos y suplementados con cebada no encontró diferencias en la digestibilidad de la FAD y FND por la inclusión del suplemento cuando los animales consumían pasturas en estado vegetativo tardío, en cambio si encontró una menor digestibilidad para la FND en los animales suplementados cuando consumían pasturas en un estado vegetativo más temprano. Elizalde y col. (1999), García y col. (2000), Reis y Combs (2000) y Aguerre (2010) trabajando todos en bovinos reportan que la inclusión de concentrado no afectó la digestibilidad de las fracciones fibrosas (FND y FAD) de pasturas templadas de buena calidad. Sin embargo, Pavan y Duckett (2008) reportan disminuciones en la digestibilidad tanto de FND como de la FAD cuando novillos consumiendo festuca eran suplementados con grano de maíz. Por último, Lardy y col. (2004) reportaron que la inclusión de grano de cebada en dietas a base de forraje de calidad media, aumentaba la digestibilidad de FND mientras que disminuía la digestibilidad de la FAD. Estos autores atribuyen estos resultados a que la FND proveniente del grano de cebada posee mayores digestibilidades que la procedente del forraje.

En el mismo sentido que para la MO y la fibra cuando se evalúa la variación en la digestibilidad del almidón al incluir suplementos energéticos, los resultados no son concluyentes. Por una lado, Matejovsky y Sanson, (1995), García y col. (2000) y Reis y Combs (2000) concuerdan en que la misma aumenta al incluir granos en la dieta de animales a pastoreo, en cambio, Elizalde y col. (1999) no encontraron diferencias para esta variable, mientras que Aguerre (2010) reportó disminuciones en la misma al agregar grano de sorgo a la dieta.

## **6. El grano de sorgo como suplemento**

El sorgo se clasifica como una gramínea de origen tropical; es cultivado ampliamente en las zonas de climas templados, y tiene gran uso en la alimentación animal. En el período 2008-2009 se sembraron en nuestro país 68.000 hectáreas, resultando en una producción de 324.000 toneladas y un rendimiento de 4764 Kg. por hectárea (DIEA, 2009). En comparación con otros cereales, en general, el sorgo tiene más proteína y menos aceite que el maíz, y por lo tanto un contenido de energía metabolizable ligeramente inferior (Chessa, 2007). El valor alimenticio del grano de sorgo para rumiantes es intermedio en relación a otros cereales tales como maíz, trigo y cebada, sin embargo presenta ventajas por su bajo costo y desde el punto de vista agronómico es un cultivo resistente a condiciones adversas de tipo de suelo y estrés hídrico (Bianco y col, 2000).

Los sorgos oscuros, o de testa pigmentada, poseen en la misma taninos condensados (catequinas, flavonoides y leucoantocianinas los cuales son polímeros de unidades flavonoides). Éstos compuestos afectan negativamente el valor nutricional del grano, ya que tienen la propiedad de enlazar las proteínas haciéndolas insolubles, a la vez que inhiben la acción de la amilasa, lo cual deprime la palatabilidad, digestibilidad y el contenido de energía metabolizable (Chessa, 2007). Una razón para cultivar sorgos con taninos condensados, es que éstos resisten mejor el deterioro ambiental hasta la cosecha, dado que la naturaleza química de esos compuestos es un medio no favorable para el crecimiento y desarrollo de hongos, evitando así el enmohecimiento de los granos (Chessa, 2007).

Los sorgos graníferos sin taninos condensados tienen un valor nutritivo equivalente al 95-98% del valor nutritivo del maíz. Para obtener el máximo de eficiencia alimenticia, los granos del sorgo deberán ser procesados (por ejemplo: silaje de grano húmedo, molido, aplastado, etc.) (Chessa, 2007).

Experimentos recientes que se han llevado a cabo en el Departamento de Nutrición de la Facultad de Veterinaria, han aportado valiosa información acerca de cómo se comportan a nivel digestivo en bovinos, diferentes genotipos de granos de sorgo (altos y bajos en taninos) sometidos a diversos tratamientos (Melognio y Ortiz, 2006). Estos autores trabajando con distintos genotipos de sorgos (altos o bajos en taninos) encontraron diferencias en los porcentajes de las distintas fracciones que describen su degradabilidad ruminal (fracción soluble, fracción potencialmente degradable no soluble y fracción indegradable) observando que los genotipos bajos en taninos presentaban menores valores para la fracciones indegradables en rúmen.

El grano de sorgo es uno de los más usados en Uruguay para suplementar animales en pastoreo, sin embargo, existen escasos datos nacionales sobre la utilización a nivel digestivo de este grano. En trabajos realizados en el Departamento de Nutrición de la Facultad de Veterinaria, se observaron mayores degradabilidades ruminales *in situ* cuando se compararon granos de sorgo cosechados temprano (con más de 25% de humedad) con granos de sorgo cosechados tardíamente (cuando el contenido de humedad disminuía hasta un 14%) (Repetto y col., 2005b). D'Alessandro y col. (1997) también del Departamento de Nutrición de la Facultad de Veterinaria midiendo la

digestibilidad de diferentes tipos de sorgo en cerdos, comunican valores llamativamente bajos para los identificados como altos en taninos. A su vez, se conocen pocos estudios que evalúen la utilización digestiva de granos de sorgo integrando dietas a base de forrajes de buena calidad.

A través de este trabajo se pretende estudiar en ovinos el efecto sobre el consumo, la digestibilidad y la retención de nitrógeno de la inclusión de distintos niveles de grano de sorgo en dietas basadas en forraje templado fresco, para así brindar elementos que permitan definir su grado de participación en dietas de base pastoril. Esta información puede ser de interés para el sector productivo, dado que aportaría datos nacionales, hasta el momento poco disponibles.

## **Hipótesis**

El agregado de niveles crecientes de grano de sorgo molido en ovinos consumiendo dietas a base de pasturas templadas frescas determinará:

- Un aumento en el consumo de MS total con disminución del consumo de MS proveniente del forraje.
- Aumentos en la digestibilidad total de la MO sin cambios en la digestibilidad de los compuestos fibrosos.
- Mayor aprovechamiento digestivo del N con el consecuente aumento de la retención del mismo.

## **Objetivo general**

Determinar en ovinos el efecto sobre el consumo y el aprovechamiento de la dieta global de la inclusión de diferentes niveles de grano de sorgo en una dieta basada en pastura templada suministrada fresca.

## **Objetivos específicos**

Evaluar el efecto de la inclusión de diferentes niveles de grano de sorgo en ovinos consumiendo una pastura templada suministrada fresca sobre:

1. El consumo de la pastura y de la dieta total.
2. La digestibilidad aparente medida *in vivo* de la MS, MO, PB, FND, FAD y almidón.
3. La retención de nitrógeno.

## Materiales y Métodos



El trabajo de campo y el procesamiento primario de las muestras fue realizado en el Campo Experimental N° 2 de la Facultad de Veterinaria, localizado en Libertad, Departamento de San José (34° Latitud Sur, 35° Longitud Oeste), donde el Departamento de Nutrición Animal cuenta con la Unidad de Digestión y Metabolismo Ruminal y las instalaciones que fueron necesarias para llevar adelante este proyecto. Los análisis de composición química de alimentos y heces, así como también la determinación de nitrógeno en orina se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Veterinaria, Montevideo. Las determinaciones de almidón y taninos fueron realizadas en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición de Rumiantes de la Universidad Federal de Santa María, Río Grande del Sur, Brasil. El cuidado de los animales fue realizado siguiendo los protocolos aprobados por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (C.H.E.A.), de la UdelaR.

### *Diseño experimental:*

Para el trabajo experimental se utilizaron 24 capones Corriedale x Milchschaf de  $45,6 \pm 4,6$  kg de peso vivo (media  $\pm$  desvío estándar), alojados individualmente en jaulas metabólicas y alimentados con una dieta mixta compuesta por una pastura templada en estado vegetativo y grano de sorgo. La pastura estaba compuesta por 91% de *Lotus corniculatus*, 5,5% de *Raigrás* y 3,5% de resto seco, la misma fue cortada y suministrada diariamente a los animales. El grano de sorgo tuvo un nivel de taninos totales de 0,80% de la MS y un nivel de taninos condensados de 0,54% de la MS. La composición química de la pastura y del sorgo utilizado se presenta en la tabla 1.

**Tabla 1. Composición química de la pastura y grano de sorgo**

Item	Pastura	Grano Sorgo
MS%	31,8	91,3
Composición, %MS		
MO	93,2	98,8
N	2,0	1,0
FND	41,8	19,2
FAD	28,8	6,4
ALM <sup>1</sup>	3,1	63,3
CNF <sup>2</sup>	35,6	69,7

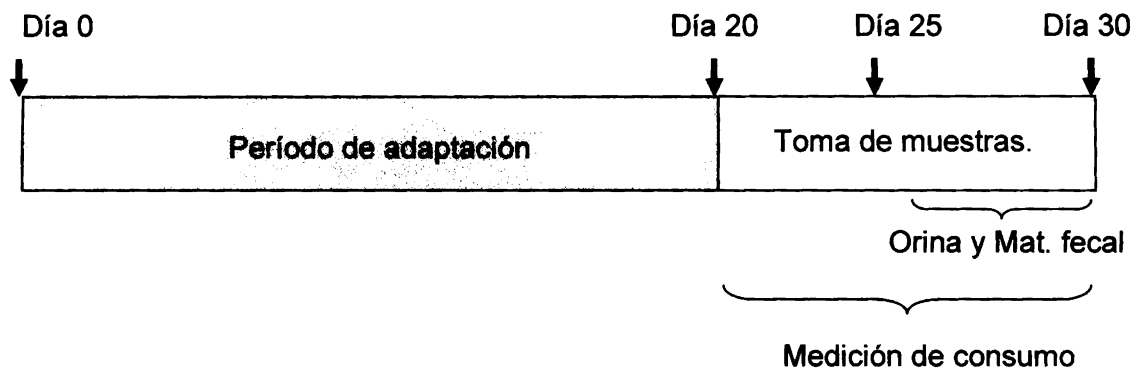
<sup>1</sup>ALM, almidón; <sup>2</sup>CNF, carbohidratos no fibrosos,  $CNF = MO - ((N \times 6.25) + FND + EE)$ .

Los animales fueron bloqueados según su PV en seis grupos de cuatro animales cada uno. Dentro de cada bloque los animales fueron asignados al azar a uno de cuatro niveles de suplementación, quedando determinado así cuatro grupos de seis animales



por tratamiento (n=6). Los niveles de suplementación estudiados fueron: T1: 0% de peso vivo (PV), T2: 0,5% de PV, T3: 1,0% de PV y T4: 1,5% de PV, en base seca. El grano de sorgo se ofreció molido hasta harina, dos veces al día (8:00 y 20:00 hs), en cantidades iguales, y la pastura se administró *ad limitum*. Cuando existieron rechazos de forraje mayores al 20% del forraje total ofrecido se extrajo una muestra para su posterior análisis.

El ensayo experimental tuvo una duración de 30 días de los cuales los primeros 20 fueron de adaptación de los animales a la dieta y a las condiciones experimentales, y los últimos 10 días de mediciones y muestreo con el fin de determinar el consumo, digestibilidad y el balance de N (Figura 1).



**Figura 1: Esquema del diseño experimental.**

#### *Determinaciones y muestreos:*

**Consumo:** el consumo de forraje y grano fue determinado durante 10 días por medición diaria de la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado en 24 horas. Muestras diarias tanto de la oferta como del rechazo (cuando superó el 20%) fueron tomadas y conservadas a -18°C hasta su posterior análisis de MS, MO, N, FND, FAD y Almidón.

**Digestibilidad aparente *in vivo*:** además del consumo, durante los últimos 5 días del ensayo experimental se colectó y midió diariamente la totalidad de la materia fecal emitida por los animales. Luego de registrado los kg de materia fecal emitida, se extrajo una muestra de 150 gramos la cual se conservó a -18°C para su posterior análisis. Después de secar la muestra por 48 horas a 60°C se armó una muestra compuesta por animal, respetando la proporción de MS emitida diariamente por cada ovino. Sobre la muestra así obtenida se determinó el contenido de MS, MO, N, FND, FAD y Almidón. La digestibilidad aparente de las diferentes fracciones de la dieta se determinó como:  $(A-B)/A \times 100$ , donde A representa los kg de la fracción de la dieta consumida y B los kg de la fracción de la dieta eliminada en heces. El consumo de materia orgánica digestible (MOD) se calculó como el producto entre el consumo de MO y su digestibilidad.

**Balance de Nitrógeno:** además del consumo y de las heces producidas, en los últimos 5 días del ensayo experimental, se colectó diariamente sobre 100 mL de una solución

conservante (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 10%) la orina total emitida por cada animal, extrayéndose una muestra diaria la cual fue congelada a -18°C para su posterior determinación de nitrógeno en el laboratorio. El balance nitrogenado se calculó restando al nitrógeno total ingerido, el eliminado por heces y orina.

**Análisis químico:** Sobre todas las muestras de alimento, tanto ofrecido como rechazado, y de materia fecal se determinó el contenido de MS, MO, y N (AOAC, 1990); los niveles de FND y FAD según la técnica descrita por Goering y Van Soest (1970); el contenido de Almidón fue determinado por hidrólisis en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,3M y posterior determinación de glucosa según Kozloski y col. (1999). El nivel de carbohidratos no fibrosos de las dietas (CNF) fue determinado como: %MO - (%PB + %FND + %EE). El nivel de taninos totales y taninos condensados se determinó según la técnica descrita por Makkar (2000). Todos los análisis fueron realizados por duplicado, aceptando coeficientes de variación entre análisis de hasta 5%.

**Análisis estadístico:** Los resultados de consumo, digestibilidad *in vivo* y balance de nitrógeno se compararon entre tratamientos por el procedimiento Proc Mixed de SAS (2002) de acuerdo al modelo  $Y_{ij} = \mu + T_i + B_i + e_{ij}$ , donde  $\mu$  es la media general,  $T_i$  es el efecto fijo tratamiento,  $B_i$  el efecto aleatorio bloque y  $e_{ij}$  el error residual. El efecto de la suplementación se estudió por contrastes ortogonales entre las medias del grupo control y la de los grupos suplementados. El efecto del nivel de inclusión del concentrado en la dieta se estudió por regresión lineal y cuadrática usando el procedimiento Proc Mixed de SAS (2002). Diferencias significativas fueron declaradas cuando  $P \leq 0,05$ .

## Resultados

Para ninguna de las variables utilizadas se detectó un efecto cuadrático del aumento en el nivel de suplementación, es por ello, y con el objetivo de simplificar el análisis de las tablas que estos valores no serán expuestos.

En la tabla 2 se presenta la composición química de las dietas consumidas por los animales para los diferentes tratamientos. La inclusión del concentrado en la dieta determinó un aumento en el contenido, de MS, MO, almidón y CNF y una disminución en el contenido de PB, FND, fibra neutro detergente proveniente de forraje (FNDf) y FAD ( $P \leq 0,001$ ), por su parte, la MOD tendió a aumentar por la inclusión del suplemento. A su vez, a medida que se aumentó el nivel de suplementación existió un incremento en los porcentajes de MS, MO, Almidón, CNF y MOD, mientras que los porcentajes de N, FND, FNDf y FAD disminuyeron.

**Tabla 2. Composición química, nivel de FND proveniente del forraje y porcentaje de MO digestible de las dietas consumidas por ovinos alimentados con una pastura templada y suplementados con grano de sorgo molido al 0, 0,5, 1,0 y 1,5% del PV.**

Item	Tratamiento <sup>1</sup>				EEM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>	
	T0	T0,5	T1,0	T1,5		T0 vs S	L
MS (%)	31,8	39,4	49,6	58,5	1,88	<0,001	<0,001
Composición (%MS):							
MO	93,2	93,9	94,9	95,7	0,18	<0,001	<0,001
PB	12,4	11,6	10,6	9,67	0,19	<0,001	<0,001
FND	41,8	38,9	35,0	31,6	0,71	<0,001	<0,001
FNDf <sup>4</sup>	41,8	36,4	29,3	23,0	1,32	<0,001	<0,001
FAD	28,8	25,9	22,1	18,7	0,71	<0,001	<0,001
ALM <sup>5</sup>	3,1	10,8	21,1	30,1	1,91	<0,001	<0,001
CNF <sup>6</sup>	35,6	40,0	45,8	50,9	1,08	<0,001	<0,001
MOD <sup>7</sup>	65,0	65,6	68,6	73,4	2,04	0,089	0,024

<sup>1</sup>Tratamiento: T0 = pastura sin suplemento; T0,5; T1,0; T1,5 = suplementado al 0,5%, 1,0% y 1,5% del PV, respectivamente; <sup>2</sup>Error estándar de la media (n=6 por tratamiento); <sup>3</sup>Nivel de significancia para el contraste T0 vs. S = Pastura vs. Suplementado (S); L = Efecto lineal de los niveles de suplementación con grano de sorgo (incluyendo los tres grupos suplementados); <sup>4</sup>FNDf = Fibra Neutra Detergente proveniente del forraje; <sup>5</sup>ALM = Almidón; <sup>6</sup>CNF = Carbohidratos no Fibrosos, calculado como %CNF = %MO - ((N × 6.25) + %FND + %EE); <sup>7</sup>MOD = Materia Orgánica Digestible.

En la Tabla 3 se presentan las medias obtenidas en los distintos grupos para el consumo total de MS, MO, FND, Almidón y MOD y el consumo de MS, MO y FND del forraje. Se muestran a su vez los porcentajes de digestibilidad aparente de la MS, MO, FND, FAD y almidón para los diferentes tratamientos.

**Tabla 3. Consumo y digestibilidad aparente de la MS y de los compuestos no nitrogenados en ovinos alimentados con una pastura templada y suplementados con grano de sorgo molido al 0, 0,5, 1,0 y 1,5% del PV.**

Item	Tratamiento <sup>1</sup>				EEM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>	
	T0	T0,5	T1,0	T1,5		T0 vs S	L
<b>Consumo total MS:</b>							
g/día	1912	1678	1490	1526	121	0,022	ns
% de PV	4,1	3,6	3,2	3,2	0,25	0,012	ns
<b>Consumo total MO:</b>							
g/día	1780	1575	1411	1445	112	0,031	ns
% de PV	3,8	3,3	3,1	3,1	0,23	0,019	ns
<b>Consumo total, g/día:</b>							
FND	814	648	518	480	54,4	<0,001	0,046
Almidón	58,3	178	305	440	16,5	<0,001	<0,001
MOD <sup>4</sup>	1240	1093	1020	1090	68,3	0,042	ns
<b>Consumo forraje, g/día:</b>							
MS	1912	1470	1055	877	123	<0,001	0,005
MO	1780	1372	987	812	115	<0,001	0,005
FND	814	608	437	360	54,45	<0,001	0,006
<b>Digestibilidad Aparente:</b>							
MS	68,0	67,8	70,6	75,2	2,15	ns	0,040
MO	69,7	69,8	72,3	76,6	2,05	ns	0,045
FND	46,9	42,7	41,8	44,1	3,24	ns	ns
FAD	45,9	37,1	33,6	27,0	3,82	0,007	0,067
Almidón	96,9	96,6	97,4	97,9	0,69	ns	ns

<sup>1</sup>Tratamiento: T0 = pastura sin suplemento; T0,5; T1,0; T1,5 = suplementado al 0,5%, 1,0% y 1,5% del PV, respectivamente; <sup>2</sup>Error estándar de la media (n=6 por tratamiento); <sup>3</sup>Nivel de significancia para el contraste T0 vs. S = Pastura vs. Suplementado (S); L = Efecto lineal de los niveles de suplementación con grano de sorgo (incluyendo los tres grupos suplementados); <sup>4</sup>MOD = Materia Orgánica Digestible. ns: no significativo (P>0,05).

El consumo total de MS, MO, FND y MOD disminuyó al incluir grano de sorgo en la dieta (P ≤ 0,042). Únicamente el consumo de FND total disminuyó linealmente a medida que aumentó la inclusión de grano en la dieta (P = 0,046), mientras que, el consumo de MS, MO y MOD no variaron conforme se incrementó el nivel de suplementación. Como era de esperar el consumo de almidón aumentó por la inclusión de grano en la dieta, siendo este mayor a medida que se aumentó el nivel de suplementación (P ≤ 0,001).

El consumo de MS, MO y FND proveniente del torraje cayo por el agregado de sorgo en la dieta ( $P \leq 0,001$ ), existiendo un efecto lineal cuanto mayor fue la inclusión de grano ( $P \leq 0,006$ ).

La inclusión de concentrado en la dieta no afectó la digestibilidad aparente de la MS y MO, sin embargo, el aumento en los niveles de suplementación determinó un incremento en la digestibilidad de estas variables ( $P \leq 0,045$ ). La digestibilidad de la FND no varió entre tratamientos, mientras que la digestibilidad de la FAD disminuyó con el agregado de grano de sorgo ( $P = 0,007$ ) y mostró una tendencia hacia una menor digestibilidad cuando se incrementaron los niveles de este grano en la dieta ( $P = 0,067$ ). Por su parte, la digestibilidad del almidón no fue afectada por ninguno de los diferentes tratamientos.

En la tabla 4 se presentan el consumo, digestibilidad aparente, y retención de N para los distintos tratamientos. La inclusión del grano de sorgo en la dieta determinó una caída en el consumo total de N sin existir efecto del nivel de suplementación. El consumo de N proveniente del forraje presentó una disminución por la adición del concentrado la cual fue lineal a medida que se aumentó el porcentaje de suplemento en la dieta. La inclusión de suplemento en la dieta determinó una disminución en el porcentaje de digestibilidad aparente, en la retención de N y en el N urinario ( $P \leq 0,008$ ). A su vez, tanto el porcentaje de digestibilidad aparente como el N urinario (g/día) tendieron a una disminución lineal cuando aumentó el porcentaje de suplementación.

**Tabla 4. Consumo, digestibilidad aparente y retención de nitrógeno en ovinos alimentados con una pastura templada y suplementados con grano de sorgo molido al 0, 0,5, 1,0 y 1,5% del PV.**

Ítem	Tratamientos <sup>1</sup>				EEM <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>	
	T0	T0,5	T1,0	T1,5		T0 vs S	L
<b>Consumo:</b>							
Total, g/día	38,4	32,0	25,6	25,9	2,62	0,003	ns
Forraje, g/día	38,4	29,9	21,3	19,5	2,50	<0,001	0,014
<b>Digestibilidad</b>							
aparente, %	67,6	63,0	54,6	55,1	2,79	0,005	0,087
N Urinario, g/día	16,1	13,3	10,2	9,2	1,53	0,008	0,064
Retención N, g/día	8,1	2,8	1,0	-0,7	1,77	0,003	ns

<sup>1</sup>Tratamiento: T0 = pastura sin suplemento; T0,5; T1,0; T1,5 = suplementado al 0,5% , 1,0% y 1,5% del PV, respectivamente; <sup>2</sup>Error estándar de la media (n=6 por tratamiento); <sup>3</sup>Nivel de significancia para el contraste T0 vs. S = Pastura vs. Suplementado (S); L = Efecto lineal de los niveles de suplementación con grano de sorgo (incluyendo los tres grupos suplementados); ns: no significativo ( $P > 0,05$ ).

## Discusión

Como se ve en la tabla 2, los porcentajes de MS, MO, CNF, MOD y almidón de la dieta aumentaron a medida que se incrementaron los niveles de suplementación, por otro lado, existió una disminución en el porcentaje de FAD, FND y PB total. Esto era de esperar y se corresponde al diferente contenido de estas fracciones del grano de sorgo en relación a la pastura (Tabla1).

El consumo total de MS fue menor para los grupos suplementados que para el grupo no suplementado. Según lo expuesto por Lange (1980) este tipo de relación entre consumo de pastura y suplemento correspondería a una sustitución con depresión, donde el aumento gradual en los niveles de suplemento disminuyó no solo el consumo de forraje sino que afectó el consumo total de MS. La TS para los diferentes tratamientos fueron de 2,13, 1,97 y 1,59 (suplementados al 0,5, 1 y 1,5% del PV respectivamente), lo cual se corresponde con efecto de sustitución con depresión observado.

Los resultados obtenidos para el consumo de MS no eran esperados ya que según la bibliografía consultada en bovinos (Lange, 1980; Elizalde y col., 1999; Reis y Combs, 2000; Bargo 2003) y en ovinos (Kozloski y col., 2006a), la inclusión de concentrados a dietas a base de forrajes templados produciría disminuciones en el consumo de MS proveniente del forraje pero aumentos en los niveles totales de consumo (sustitución con adición). Mayne y Peyraud, (1996), Peyraud y col. (1998) trabajando en vaca lechera y Moore y col. (1999) trabajando en novillos, sostienen que la suplementación energética afecta negativamente el consumo de forraje particularmente a altos niveles de suplementación en condiciones donde el forraje no es limitado. Sin embargo, estos autores no reportaron disminuciones en el consumo total de MS. En el mismo sentido, otros autores trabajando con bovinos consumiendo pasturas de buena calidad observaron aumentos en el consumo de MS total cuando se incluyó granos en la dieta (Bargo y col, 2002; Bargo y col, 2003; Elizalde y col, 1999; Reis y Combs, 2000). Resultados que coinciden con los reportados por Kozloski y col. (2006a), quienes trabajando en ovinos alimentados con heno de gramíneas tropicales y suplementados con urea y grano de maíz reportaran disminuciones en el consumo total de forraje pero aumentos en el consumo total de MS. Es de destacar que el forraje utilizado por Kozloski y col. (2006a) es de una calidad inferior al empleado en el presente ensayo, con altos contenidos de componentes fibrosos (72,3% de FND y 40,1% de FAD), por lo cual la inclusión del concentrado determinó menores contenidos de fibra en la dieta y mayores contenidos de proteína y energía lo que es asociados a mayores consumos totales de MS.

Las reducciones en el consumo de MS total podrían ser atribuidas a los mecanismos de regulación del consumo basados en el concepto de saciedad, donde el animal come hasta que sus requerimientos metabólicos son cubiertos (Van Soest, 1994). Mertens (1994) y Forbes (1995), describen que cuando la densidad energética de la dieta es alta o el contenido de fibra es bajo, el consumo es regulado por la demanda fisiológica de energía. Sin embargo, si se considera al consumo de la MOD como un indicador de la energía consumida, se observa una disminución en el consumo con la inclusión del

concentrado, por lo tanto, esta teoría no permitiría explicar la depresión del consumo total de MS. Los mecanismos físicos de regulación del consumo podrían ser considerados, según Mertens (1994) y Forbes (1995) cuando las dietas son altas en el contenido de fibra o de baja densidad energética, el consumo se rige por mecanismos físicos, como el efecto de llenado de rumen-retículo, rumia y salivación. En el presente ensayo, se observó que a medida que aumentó el grado de suplementación, el porcentaje de FND de la dieta disminuyó al igual que el consumo de FND total y proveniente de forraje, por ello, esta teoría tampoco explicaría los menores consumos de MS encontrados por la inclusión del concentrado en la dieta.

Dixon y Stockdale (1999) afirman que los efectos negativos de la suplementación tanto en el consumo como en la digestibilidad ocurren frecuentemente debido a cambios en el pH ruminal, responsables de causar disturbios en la población microbiana del rúmen aumentando la flora amilolítica y disminuyendo la flora celulolítica. Si la fermentación del almidón es demasiado rápida se produce un descenso en el pH ruminal que afecta negativamente las bacterias que digieren la fibra de la dieta, reduciendo el consumo de alimento y el aprovechamiento digestivo (Yang y col., 1997). En el presente ensayo los pH ruminales medios para los diferentes tratamientos fueron de  $6,45 \pm 0,15$ ;  $6,14 \pm 0,14$ ;  $6,09 \pm 0,14$  y  $5,43 \pm 0,15$  para los grupos suplementados al 0; 0,5; 1,0 y 1,5% del PV, respectivamente (datos no incluidos en la tesis, Aguerre y col., 2009a). La inclusión del concentrado provocó una caída en el pH ruminal siendo mayor a medida que se incrementó el nivel de suplementación (Aguerre y col., 2009a). Por su parte, los valores mínimos de pH observados para los animales suplementados con 0, 0,5, 1,0 y 1,5% del PV fueron 6,17, 5,91, 5,96, y 5,31, respectivamente (Aguerre y col., 2009a). A excepción de la dinámica de pH observado para el grupo suplementado al 1,5% del PV, la dinámica de pH para los demás grupos suplementados no sería al menos la única causante de la disminución del consumo, ya que estos valores se encuentran cercanos a los considerados apropiados (6,2 – 7,0) para una actividad microbiana adecuada (Kaufmann y col., 1980; Owens y Goetsch, 1988; Van Soest, 1994). Hoover (1986) plantea que cuando el pH se encuentra en el entorno de 6,2, podría existir lo que el autor denomina un “efecto carbohidrato”, donde la presencia de HCFF puede afectar la digestión de la celulosa a causa de una preferencia de los microorganismos ruminales a la digestión de los HCFF respecto a la fibra, a una proliferación diferencial de microorganismos en el rumen o a una disminución de la adherencia bacteriana a la fibra tras la inclusión de HCFF en la dieta. Este autor concluye que a estos valores de pH, la digestión de la fibra puede estar relacionada a la interacción de ambos factores (pH y efecto carbohidrato). A su vez, en el presente ensayo la inclusión del concentrado en la dieta determinó una caída lineal en la síntesis de proteína microbiana (Aguerre y col., 2009b). Estos factores (pH ruminal, efecto carbohidrato y caída en la síntesis de proteína microbiana) podrían explicar la caída en la digestibilidad de la FAD que efectivamente se registró en este trabajo, la cual podría afectar el tránsito digestivo y ser una posible explicación a los resultados obtenidos.

Es bien conocido que existen distintas teorías sobre la regulación del consumo y que ninguna de ellas explicaría por sí misma el cese de la alimentación, sino más bien, ésta estaría dada por una interacción entre ellas. Es por esto, y en base a datos obtenidos, que el efecto observado en este ensayo (sustitución con depresión) podría ser debido a múltiples factores, algunos de ellos no medidos en el presente trabajo, que podrían

estar interactuando en la regulación del consumo. Es así, que en base a los datos obtenidos en el presente ensayo, no se encuentra una explicación clara a estos resultados.

Al igual que lo ocurrido para la MS, los capones suplementados consumieron menos MO y FND que los no suplementados. Estos datos no coinciden con lo observado por Kozloski y col. (2006a) utilizando grano de maíz en ovinos alimentados a base de una gramínea tropical (*Pennisetum purpureum*) y con lo reportado por Reis y Combs (2000) también trabajando con grano de maíz en bovinos de leche pastoreando pasturas de buena calidad, quienes obtuvieron mayores consumos de MO. Garces-Yepez y col. (1997) bajo condiciones experimentales similares a las del presente ensayo, utilizando ovinos consumiendo heno de *Cynodon dactylon* y diferentes combinaciones de suplementos, también obtuvieron resultados similares a los expresados por los autores antes citados. Esta diferencia en los resultados puede ser atribuida a las diferentes respuestas a la suplementación obtenidas, en donde Garces-Yepez y col. (1997); Reis y Combs (2000) y Kozloski y col. (2006a) reportaron en sus respectivos ensayos un efecto de sustitución con adición donde el consumo total de MS se vio incrementado. En contrapartida, el consumo de FND se comportó de manera similar a lo expuesto por estos autores, disminuyendo con el incremento de la suplementación.

El aumento en la digestibilidad aparente de la MS y la MO al aumentar los niveles de suplementación coincide con lo expresado por Murphy y col. (1994), Dixon y Stockdale (1999) y Kozloski y col. (2006a) trabajando en ovinos y con Reis y Combs (2000) y Lardy y col. (2004) trabajando en bovinos. Estos últimos, trabajando con dietas a base de heno de gramíneas suplementadas con cebada, reportan un aumento lineal en la digestibilidad de la MS la cual es atribuida a la mayor digestibilidad del concentrado con respecto al forraje. En el presente ensayo los aumentos en la digestibilidad aparente de la MS no fueron acompañados por aumentos en los niveles de consumo conforme se incrementaba el nivel de inclusión de sorgo en la dieta. Blaxter y col. (1961) trabajando con ovinos y bovinos, encontraron una relación positiva entre el consumo de MS y el porcentaje de digestibilidad aparente de ésta. Sin embargo, Greenhalgh y Runcie (1962) no encontraron ninguna relación entre estas dos variables.

Los resultados obtenidos para la digestibilidad aparente de las fracciones fibrosas (FND y FAD) no fueron los esperados ya que la mayoría de los autores coinciden que estos parámetros tienden a comportarse de manera similar y en un mismo sentido (Matejovsky y Sanson, 1995; Elizalde y col., 1999; Reis y Combs, 2000; Pavan y Duckett, 2008; Aguerre, 2010). Una explicación probable a los resultados obtenidos en este ensayo es que la FND por su composición pudo haber sido degradada a nivel de intestino grueso y de este modo compensar una posible caída en la digestibilidad a nivel ruminal. Dixon y Stockdale (1999) plantean que los ovinos presentan una mayor capacidad para compensar reducciones en la digestibilidad de la fibra aumentando la digestión a nivel del intestino grueso. Por otro lado, en la FAD, al estar compuesta por elementos de más difícil digestión (lignina y celulosa), este efecto se presentaría en una menor magnitud. La ausencia de un efecto tratamiento sobre la digestibilidad aparente de la FND concuerda con lo reportado por Reis y Combs (2000) trabajando con bovinos de leche, pero no con lo presentado por Kozloski y col. (2006a) quienes trabajando en ovinos encontraron una disminución lineal en la digestibilidad de esta fracción a medida



que se aumentó el grano de maíz en la dieta. Tebot (2008) trabajando con ovinos consumiendo avena en 2 estados vegetativos y suplementados con cebada no encontró diferencias en la digestibilidad de la FND y FAD entre los grupos suplementados y los no suplementados cuando consumían pasturas en estado vegetativo tardío, sin embargo la digestibilidad de la FND cayó en los animales suplementados cuando consumían la pastura en un estado vegetativo más temprano. La disminución en la digestibilidad aparente de la FAD por la inclusión y por el aumento en los niveles de suplementación con grano de sorgo en la dieta coincide con lo expresado por Van Soest (1994), de Veth y Kolver (2001) y Cerrato-Sánchez y col. (2007) quienes afirman que la digestibilidad de la FAD se ve afectada cuando el pH ruminal presenta valores menores a 6,2. Probablemente el efecto de la caída del pH ruminal en combinación con la mayor disponibilidad de HCFF sean responsables de la disminución en la digestibilidad de los componentes de la fibra de más difícil digestión. Por su parte Lardy y col. (2004) encontraron resultados similares, donde la digestibilidad de la FAD en novillos suplementados con cebada y consumiendo heno de una gramínea (*Bromus inermis*) de media calidad disminuyó linealmente con la inclusión de concentrado, mientras que la digestibilidad de la FND aumentó linealmente. Estos autores atribuyen este resultado a un posible cambio en la microflora ruminal y al suministro de una fuente de fibra procedente del suplemento más rápidamente digestible que la del forraje.

La disminución lineal en el consumo de N a medida que se incrementó la inclusión de grano de sorgo en la dieta (Tabla 4) era de esperar ya que como fue explicado hubo un efecto de sustitución de forraje por el concentrado, con depresión del consumo total. Los menores tenores proteicos del grano de sorgo junto con los menores consumos de MS a medida que los animales fueron suplementados explicarían este resultado. Esto coincide con lo reportado por Elizalde y col. (1999) quienes trabajando con novillos utilizando dietas a base de alfalfa y suplementadas con grano de maíz encontraron que el consumo total de N disminuyó linealmente a medida que aumentó el porcentaje de grano en la dieta, aún cuando los consumos totales de MS fueron mayores para los grupos suplementados. Sin embargo, Aguerre (2010), también trabajando en bovinos pero utilizando grano de sorgo encontró que el consumo de N no fue afectado por los distintos niveles de suplementación, según el autor la caída en los niveles de PB en la dieta fue compensada por un mayor consumo de MS por parte de los animales suplementados. Por otro lado, Reis y Combs (2000) trabajando en bovinos de leche y Kozloski y col (2006a) en ovinos suplementados a base de maíz y urea, hallaron que a medida que aumenta el porcentaje de suplemento en la dieta los animales mostraron mayores consumos de N, estos autores atribuyen dichos cambios a un efecto aditivo del suplemento en el consumo de MS total.

De acuerdo con el NRC (2007), la concentración proteica en la dieta para ovinos con potencial de crecimiento moderado y con ganancias de peso de 250 g por día y con un PV entre 40-50 kg se sitúa en 11,5-11,8% (NRC, 2007). La concentración proteica de las dietas para los capones de los grupos suplementados en el presente experimento (si bien las ganancias medias fueron menores a las propuestas por el NRC) se situaron en el límite inferior de los requerimientos antes mencionados, mientras que para el grupo sin suplemento la concentración proteica de la dieta se encontró por encima de los requerimientos (Tabla 2). De acuerdo con esto, se puede afirmar que el agregado de grano de sorgo en la dieta redundó en un menor aporte proteico en términos de g PB/kg

de MS (Tabla 2), lo que sumado al menor consumo total de MS determinó que los animales se encuentren consumiendo cantidades de proteínas próximas a los mínimos requeridos y por lo tanto la suplementación podría haber generado un desbalance entre los aportes energéticos y de PB.

La menor digestibilidad aparente del N registrada en el presente ensayo podría ser atribuida a los niveles de taninos que posee el grano de sorgo. De acuerdo a lo expresado por Cheng y col. (2009), el grano de sorgo empleado en el ensayo posee un nivel medio de taninos. Según lo expuesto por Reed (1995) los taninos forman compuestos con las proteínas que dificultan su digestión, determinando así una menor utilización de éstas. Los resultados obtenidos para la digestibilidad aparente del N coinciden con los reportados por Kozloski y col. (2006a), quienes encontraron menores digestibilidades reales de N en ovinos suplementados con grano de maíz. A su vez, estos autores reportaron un aumento en la retención de este elemento, mientras que en este ensayo ocurrió lo opuesto. En tanto, Aguerre (2010) trabajando en vaquillonas alimentadas a base de pasturas templadas y utilizando grano de sorgo molido como suplemento, no encontró diferencias en la digestibilidad aparente de N entre animales suplementados y sin suplementar, lo cual es atribuido a un mayor peso relativo del componente endógeno en la digestibilidad aparente de esta fracción conforme baja el porcentaje de PB en la dieta. Por su parte sí observó un aumento en la retención de N debido a la inclusión del grano en la dieta (Aguerre, 2010).

Si bien los resultados obtenidos para la retención de N no coinciden con los reportados por Kozloski y col. (2006a) y Aguerre (2010), son coherentes con las disminuciones obtenidas para el consumo, digestibilidad y eliminación urinaria de N. Como ya fue explicado el menor consumo de N (a consecuencia del agregado de grano de sorgo en la dieta) sumado a una menor digestibilidad aparente del mismo pudo haber llevado a que los animales se encuentren al límite de sus requerimientos proteicos. Es por esto que posiblemente los capones en un intento de compensación hayan puesto en marcha mecanismos de ahorro de N, disminuyendo la eliminación renal de N para intentar compensar el déficit de este compuesto. Esto coincide con lo reportado por Cirio y Boivin (1990) quienes trabajando en ovinos con dos dietas de distinto tenor proteico (dietas normoproteicas e hipoproteicas) observaron que los animales sometidos a un déficit proteico presentaron una menor eliminación renal de N. Este fenómeno de "ahorro" de N también está descripto cuando los ovinos aumentan sus requerimientos por ejemplo en el último tercio de gestación o durante el período de lactancia (Rodríguez y col., 1996).

## **Conclusiones**

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que la suplementación con grano de sorgo a ovinos consumiendo una pastura templada fresca de características similares a la del presente ensayo no logra mejoras en el consumo, en el aprovechamiento digestivo de la dieta y en la retención de nitrógeno. La caída en el consumo y en la retención de nitrógeno sugiere que la respuesta productiva sería menor en los ovinos suplementados.

## Bibliografía.

1. Adams, D.C. (1985). Effect of time of supplementation on performance, forage intake, and grazing behavior of yearling beef steers grazing Russian wild ryegrass in the fall. *J. Anim. Sci.* 61:1037-1042.
2. 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. 57p.
3. Aguerre, M.A., Repetto, J.L., Pérez-Ruchel, A., Mendoza, A., Pinacchio, G., Cajarville, C. (2009a). Rumen pH and NH<sub>3</sub>-N concentration of sheep fed temperate pastures supplemented with sorghum grain. *South African J. Anim. Sci.* 39:246-250.
4. Aguerre, M.A., Cajarville, C., Kozloski, G.V., Repetto, J.L. (2009b). Ruminant microbial protein synthesis of wethers and heifers fed fresh temperate pastures supplemented or not with sorghum grain. *Proceedings of XIth International Symposium on Ruminant physiology.* Clermont-Ferrand, Francia. p.108-109.
5. Allen, M.S. (1996). Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 74:3063-3075.
6. Association of Official Analytical Chemists, A.O.A.C (1990). *Official Methods of Analysis*, 15a. Washington, D.C. p.15-21.
7. Azevedo do Amaral, G. (2008). Valor alimentar de dietas com azevém (*Lolium multiflorum*, LAM.) e suplementação nitrogenada ou energética. MSc Tesis. Universidade Federal de Santa Maria, Santa María, RS, Brasil. 73p.
8. Baile, C.A., Della-Fera, M.A. (1984). Peptidergic control of food intake in food-producing animals. *Fed Proc.* 43:2898-2902.
9. Balch, C.C., Campling, R.C. (1962). Regulation of voluntary food intake in ruminants. *Nutriti Abstrs. Rev.* 32: 669-686.
10. 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.
11. Bargo, F., Muller, L.D., Delahoy, J.E., Cassidy, T.W. (2002). Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *J. Dairy Sci.* 85:1777-1792.
12. Berzaghi, 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.
13. Bianco, A., Goñi, V., Oholeguy, S. (2000). Efecto de procesamiento y el contenido de taninos del grano de sorgo sobre la composición química y la digestión de la materia seca en rumiantes. XVIª Reunión Latinoamericana de Producción Animal, Montevideo, Uruguay. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_granos/04-taninos\\_del\\_grano\\_de\\_sorgo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_granos/04-taninos_del_grano_de_sorgo.pdf). Fecha de Consulta: 28/07/2010.
14. Blaxter, K.L., Wainman, F.W., Wilson, R.S. (1961). The Regulation of Food Intake by Sheep. *Anim Prod.* 3:51-61.
15. 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.

16. Cangiano, C.A. (1997). Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. En: Cangiano, C.A. Producción animal en pastoreo. Balcarce. La Barrosa. p.41-63.
17. Caton, J.S., Dhuyvetter, D.V. (1997). Influence of energy supplementation on grazing ruminants: requirements and responses. *J. Anim. Sci.* 75:533-542.
18. Cerrato-Sánchez, M., Calsamiglia, S., Ferret, A. (2007). Effects of time at suboptimal pH on rumen fermentation in a dual-flow continuous culture system. *J. Dairy Sci.* 90:1486-1492.
19. Chase, C.C., Hibberd, C.A. (1987). Utilisation of low-quality native grass hay by beef cows fed increasing quantities of corn grain. *J. Anim. Sci.* 65:557-566.
20. Cheng, S., Yi, S., Halgreen, L. (2009). The relationships of sorghum kernel pericarp and testa characteristics with tannin content. *Asian J. Crop Sci.* 1:1-5.
21. Cheng, K.J., Costerton, J.W. (1980). Adherent rumen bacteria: their role in the digestion of plant material, urea and epithelial cells. En: Ruckebusch Y., Thivend, P. Digestive physiology and metabolism in ruminant. MTP Press, Lancaster. p.227-250.
22. Chessa, A. (2007). La calidad del sorgo como alimento animal. Marca líquida Agropecuaria, Córdoba, Argentina, 17:65-68. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/82-sorgo\\_taninos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/82-sorgo_taninos.pdf). Fecha de consulta: 28/07/2010.
23. Cirio, A., Boivin, R. (1990). Urea recycling from the renal pelvis in sheep: a study with [<sup>14</sup>C] urea. *Am. J. Physiol.* 258:1196-1202.
24. D'Alessandro, J., Barlocco, N., Peinado, R., Garín, D. (1997). Digestibilidad, balance nitrogenado y energía de granos de sorgo alto y bajo en taninos para cerdos. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~suinos/biblioteca/nutricion/N-DAlessandro%20-%20Digestib,%20balance%20nitrog%20y%20energia%20de%20granos%20Sg%20alto%20y%20bajo%20en%20taninos%20en%20cerdos.pdf> . Fecha de consulta: 27/6/2010.
25. de Veth, M.J., Kolver, E.S. (2001). Digestion of ryegrass pasture in response to change in pH in continuous culture. *J. Dairy Sci.* 84:1449-1457.
26. DelCurto, T., Cochran, R.C., Haerman, D.L., Beoharka, A.A., Jacques, K.A., Towne, G., Vanzant, E.S. (1990). Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: I. Influence of varying supplemental protein and energy levels on forage utilization characteristics of beef steers in confinement. *J. Anim. Sci.* 68:515-531.
27. DIEA/MGAP. (2009). Anuario Estadístico Agropecuario 2009. Disponible en: [http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2009/pages/DIEA-Anuario-2009-cd\\_084.html](http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2009/pages/DIEA-Anuario-2009-cd_084.html). Fecha de Consulta: 21/07/2010.
28. Dixon, R.M., Stockdale, C.R. (1999). Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilisation. *Aust. J. Agric. Res.* 50:757-773.
29. el Khidir, O.A, Vestergaard, K. (1983). Effect of intake on digestibility of plant cell walls and cell contents of complete diets for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 9:197-204.
30. 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.

31. Elizalde, J.C., Santini, F.J., Pasinato, A.M. (1996). The effect of stage of harvest on the process of digestion in cattle fed winter oats indoors II. Nitrogen digestion and microbial protein synthesis. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 64:245-255.
32. Ferrell, C.L., Kreikemeier, K.K., Freetly, H.C. (1999). The effect of supplemental energy, nitrogen, and protein on feed intake, digestibility, and nitrogen flux across the gut and liver in sheep fed low-quality forage. *J. Anim. Sci.* 77:3353-3364.
33. Forbes, J.M. (2007). *Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals*. 2a. ed. Leeds. Agropecuaria Hemisferio Sur. 453p.
34. Forbes, J.M. (2003). The multifactorial nature of food intake control. *J. Anim. Sci.* 81:139-144.
35. Forbes, J.M. (1995). *Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals*. Wallingford. Cab International. 532p.
36. Garces-Yepe, P., Kunkle, W.E., Bates, D.B., Moore, J.E., Thatcher, W.W., Sollenberger, L.E. (1997). Effects of supplemental energy source and amount on forage intake and performance by steers and intake and diet digestibility by sheep. *J. Anim. Sci.* 75:1918-1925.
37. 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.
38. Goering, H.K., Van Soest, P.J. (1970). Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Handbook N°379*. U.S.D.A. p.53-62.
39. Greenhalgh, J.F., Runcie, K.V. (1962). The Herbage Intake and Milk Production of Strip- and Zero-Grazed Dairy Cows. *J. Agr. Sci.*, 59:95-103.
40. Heldt, J.S., Cachran, R.C., Mathis, C.P., Woods, B.C., Olson, K.C., Titgemeyer, E.C., Nagaraja, T.G., Vanzant, E.S., Johnson, D.E. (1999). Effects of level and source of carbohydrate and level of degradable protein on intake and digestion of low-quality tall-grass-prairie hay by beef steer. *J. Anim. Sci.* 77:2846-2854.
41. Hoover, W.H. (1986). Chemical Factors Involved in Ruminant Fiber Digestion. *J. Dairy Sci.* 69:2755-2766
42. Hoover, W.H., Kincaid, C.R., Varga, G.A., Thayne, W.V., Junkins, L.L. (1984) Effects of solids and liquid flows on fermentation in continuous cultures. IV. pH and dilution rate. *J. Anim. Sci.* 58:692-699.
43. Hristov, A.N., McAllister, T.A., Cheng, K.J. (1997). Effect of carbohydrate level and ammonia availability on utilization of  $\alpha$ -amino nitrogen by mixed ruminal microorganisms in vitro. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science.* 48:186-189.
44. Hungate, R.E. (1966). *The rumen and its microbes*. New York. Academic Press, Inc. 533p.
45. Kaufmann, W., Hagemester, H., Dirksen, G. (1980) Adaptation to changes in dietary composition, level and frequency of feeding. En: Ruckebusch, Y., Thivend, P. (1980). *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. AVI Publishing. Westport, CT. p.587-593.
46. 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.
47. Kim, K.H., Choung, J.J., Chamberlain, D.G. (1999). Effects of varying the degree of synchrony of energy of energy and nitrogen release in the rumen on the

- synthesis of microbial protein in lactating dairy cows consuming a diet of grass silage and a cereal-based concentrate. *J. Sci. Food. Agric.* 79:1441-1447.
48. Kopečný, J., Wallace, R.J. (1982). Cellular location and some properties of proteolytic enzymes of rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 43:1026-1033
  49. Kozloski, G.V., Bonnacarrère Sanchez, L.M., Cadorin, R.L., Reffatti, M.V., Perez Neto, D., Lima, L.D. (2006a). Intake and digestion by lambs of dwarf elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott) hay or hay supplemented with urea and different levels of cracked corn grain. *Anim. Feed Sci. Technol.* 125:111-122.
  50. Kozloski, G.V., Reffatti, M.V., Bonnacarrère Sanchez, L.M., Lima, L.D., Cadorin, R.L., Härter, C.J., Fiorentini, G. (2006b). Intake and digestion by lambs fed a low-quality grass hay supplemented or not with urea, casein or cassava meal. *Anim. Feed Sci. Technol.* Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.09.002>. Fecha de Consulta: 20/07/2010.
  51. Kozloski, G.V., Rocha, J.B.T., Ribeiro Filho, H.M.N., Perottoni, J. (1999). Comparison of acid and amyloglucosidase hydrolysis for estimation of nonstructural polysaccharides in feed samples. *J. Sci. Food. Agric.* 79:1112-1116.
  52. Krysl, L.J., Hess, B.W. (1993). Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. *J. Anim. Sci.* 71:2546-2555.
  53. Krysl, L.J., Branine, M.E., Cheema, A.U., Funk, M.A., Galyean, M.L. (1989). Influence of soybean meal and sorghum grain supplementation on intake, digesta kinetics, ruminal fermentation, site and extent of digestion and microbial protein synthesis in beef stress grazing blue grama rangeland. *J. Anim. Sci.* 67:3040-3051.
  54. Lange, A (1980). Suplementación de pasturas para la producción de carnes. AACREA, Colección Investigación Aplicada- Revista Crea. Vol. 4. 74p.
  55. 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.
  56. Maccari, M. (2006). Consumo e ganho de peso de novilhos de corte mantidos em pastagem de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) recebendo diferentes tipos de suplemento. Dissertação Mestrado em Zootecnia. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Brasil. 40p.
  57. Makkar, H.P.S. (2000). Quantification of tannins in tree foliage. FAO /IAEA Working Document IAEA, Vienna, Austria. p.45-52.
  58. Matejovsky, K.M., Sanson, D.W. (1995). Intake and digestion of low-, medium-, and high-quality grass hays by lambs receiving increasing levels of corn supplementation. *J. Anim. Sci.* 73:2156-2163.
  59. Mayne, C.S., Peyraud, J.L. (1996). Recent advances in grassland utilization under grazing and conservation. En: Parente, G., Frame, J., Orsi, S. (Eds.) Grassland and land use systems. European Grassland Federation Meeting, Grado. p.347-360.
  60. Melognio, E., Ortiz, R. (2006). Degradabilidad ruminal del grano de sorgo: diferencia entre dos genotipos y evaluación del efecto de diferentes tratamientos a la cosecha. Tesis de Grado, Facultad de Veterinaria. Montevideo, Uruguay. 30p.

61. 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. 508p.
62. Moore, J.E., Brant, M.H., Kunkle, W.E., Hopkins, D.I. (1999). Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *J. Anim. Sci.* 77:122-135.
63. 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.
64. Murphy, T.A., Loerch, S.C., Smith, F.E. (1994). Effects of feeding high-concentrate diet at restricted intakes on digestibility and nitrogen metabolism in growing lambs. *J. Anim. Sci.* 72:1583-1590.
65. Nápoli, G.M., Santini, F.J. (1988a). Suplementación energético-proteica de forrajes frescos en condiciones de pastoreo: I. Efecto sobre el medio ambiente ruminal y la degradabilidad proteica. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 8:Sup.1:39
66. Nápoli, G.M., Santini, F.J. (1988b). Suplementación energético-proteica de forrajes frescos en condiciones de pastoreo: II. Efecto sobre la cinética de la digestión ruminal de la fibra. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 8:Sup.1:40.
67. National Research Council, NRC. (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants. The National Academies Press, Washington. p.271-287.
68. National Research Council, NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7a. ed. Natl. Acad. Sci., Washington. 408p.
69. Offner, A., Bach, A., Sauvant, D. (2003). Quantitative review of in situ starch degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106:81-93.
70. Ørskov, E.R., Fraser, C. (1975) The effects of processing of barley-based supplements on rumen pH, rate of digestion and voluntary intake of dried grass in sheep. *Br. J. Nutr.* 34:493-500.
71. Osbourn, D.F., Terry, R.A., Outen, G.E., Cammell, S.B. (1974). The significance of a determination of cell walls as the rational basis for the nutritive evaluation of forages. *Proc. XII International Grassland Congress. Queensland.* 3:374-380
72. Owens, F.N., Goetsch, A.L. (1988) Fermentación Ruminal. En: C.D. Church. *El Rumiante: Fisiología digestiva y nutrición.* Zaragoza. Acribia. p.159-189.
73. 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, CSSA, SSSA, WI. p.564-612.
74. Pavan, E., Duckett, S.K. (2008). Corn oil or corn grain supplementation to steers grazing endophyte-free tall fescue. I. Effects on in vivo digestibility, performance, and carcass quality. *J. Anim. Sci.* 86:3215-3223.
75. Peyraud, J.L., Delaby, L., Delagarde, R. (1998). Quantitative approach to nutrition of grazing dairy cows: Recent developments. En: Keane, M.G., O'riordan, E.G. *Pasture ecology and animal intake.* Dublin. Occasional Publication n. 3, Grange Research Centre, Dunsany. p.57-75.
76. Phillips, M.W., Gordon, G.L.R. (1995). Composition chimique des protozoaires et des bacteries libres du rumen de vaches. *Anim. Res.* 44:141-150.
77. Phipps, R.H., Bines, J.A., Weller, R.F., Thomas, J. (1984). Complete diets for Dairy cows: the effect of energy concentration and change in energy

- concentration in a complete diet on intake and performance of lactating Dairy cows. *J. Agric. Sci.* 103:323-331.
78. Piaggio, L. (2009). Suplementación con concentrados para el engorde de corderos sobre campo natural. Disponible en: <http://www.corriedaleuruguay.com/fichas%20tecnicas/Suplementacion.pdf>. Fecha de consulta: 30/5/2010.
  79. Poppi, D.P., Hughes, T.P., L'Huillier, P.J. (1987). Intake of pasture by grazing ruminants. En: Nicol, A.M., Feeding livestock on pasture. New Zealand Society of Animal Production, Occasional Publication. p.55-63.
  80. Rearte, D.H., Santini, F.J. (1989). Digestión ruminal y producción en animales a pastoreo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 9:93-105.
  81. Reed, J.D. (1995). Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *J. Anim. Sci.* 73:1516-1528.
  82. Reis, R.B., Combs, D.K. (2000). Effects of increasing levels of grain supplementation on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. *J. Dairy Sci.* 83:2888-2898.
  83. Repetto, J.L., Cajarville, C., D'Alessandro, J., Curbelo, A., Soto, C., Garin, D., (2005a). Effect of wilting and ensiling on ruminal degradability of temperate grass and legume mixtures. *Anim. Res.* 54:73-78.
  84. 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 Buiatria. Buzios, R.J., Brazil. 53-71p.
  85. Rodriguez, M.N., Tebot, I., Le Bas, A., Nievas, C., Leng, L., Cirio, A. (1996). Renal functions and urea handling in pregnant and lactating Corriedale ewes. *Can. J. Anim. Sci.* 76:469-472.
  86. 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.* 66:763-775.
  87. Sanson, D.W., Clanton, D.C., Rush, I.G. (1990). Intake and digestion of low-quality meadow hay by steers and performance of cows on native range when fed protein supplements containing various levels of corn. *J. Anim. Sci.* 68:595-603.
  88. Sairane, A., Khalili, H., Nousiainen, J.L., Ahvenjarvi, 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.
  89. Sauvant, D., Grenet, E., M-Doreau, B. (1995). Dégradation chimique des aliments dans le réticulo-rumen: cinétique et importance. Disponible en: [http://books.google.com.uy/books?id=plbmTs7\\_DDIC&pg=PA383&pg=PA383&q=%22D%C3%A9gradation+chimique+des+aliments+dans+le+r%C3%A9ticulo-rumen%22&source=bl&ots=FCE5SMC8IN&sig=C8nFVmJaCCWFSSiyY2zPhKiXQzc&hl=es&ei=AByBTJSwEIK0IQfPrvX8Dg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1&ved=0CBQQ6AEwAA#v=onepage&q=%22D%C3%A9gradation%20chimique%20des%20aliments%20dans%20le%20r%C3%A9ticulo-rumen%22&f=false](http://books.google.com.uy/books?id=plbmTs7_DDIC&pg=PA383&pg=PA383&q=%22D%C3%A9gradation+chimique+des+aliments+dans+le+r%C3%A9ticulo-rumen%22&source=bl&ots=FCE5SMC8IN&sig=C8nFVmJaCCWFSSiyY2zPhKiXQzc&hl=es&ei=AByBTJSwEIK0IQfPrvX8Dg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CBQQ6AEwAA#v=onepage&q=%22D%C3%A9gradation%20chimique%20des%20aliments%20dans%20le%20r%C3%A9ticulo-rumen%22&f=false). Fecha de consulta: 25/6/2010.
  90. SAS. (2002). Statistical Analysis Systems Institute. SAS Version 9. SAS Institute, Cary, NC, USA.
  91. 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.



92. 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, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay. 76p.
93. Trevaskis, L.M., Fulkerson, W.J., Gooden, J.M. (2001). Provision of certain carbohydrate-based supplements to pasture- feed sheep, as well as time of time of harvesting of the pasture, influences pH, ammonia concentration and microbial protein synthesis in the rumen. *Aust. J. Exp. Agric.* 41:21-27.
94. Van Soest, P.J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2a ed. Ithaca. Cornell University Press. 476p.
95. van Vuuren, A.M., Van Der Koelen, C.J., Vroonede Bruin, J. (1993). 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.
96. van Vuuren, A.M., Van der Koelen, C.J., Vroons-de Brun, J. (1986). Influence of level and composition on concentrate supplements on rumen fermentation patterns of grazing dairy cows. *Neth. J. Agric. Sci*; 34:457-467.
97. Viglizzo, E.F. (1981). *Dinámica de los sistemas pastoriles de producción lechera*. Buenos Aires. Hemisferio Sur. 125p.
98. Wallace, R.J., Cotta, M.A. (1988). Metabolism of nitrogen-containing compounds. En: Hobson, P.N. (1988). *The Rumen Microbial Ecosystem*. Elsevier Applied Science. London. 719p.
99. Yang, W.Z., Beauchamin, K.A., Koenig, K.M., Rode, L.M. (1997). Comparison of hull-less barley, barley, or corn for lactating cows: effects on extent of digestion and milk production. *J. Dairy Sci.* 80:2475-2486.