



**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**



**“CONSUMO DE NUTRIENTES Y AMBIENTE RUMINAL DE CORDEROS  
ALIMENTADOS CON DIETAS PARCIALMENTE MEZCLADAS (RACIÓN TOTALMENTE  
MEZCLADA Y PASTURA FRESCA)”**

**Por**

**FONTES MORASSI, María Agustina  
GRIGNOLA MARTIN, María Soledad**

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  
2020**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa



Ing. Zoot. Alsiane Capelesso

Segundo miembro (Tutor)



Dr. Gonzalo Fernandez Turren

Tercer miembro



Dra. Karina Neimaur

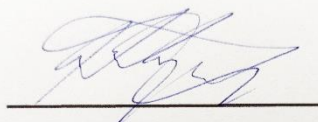
Cuarto miembro



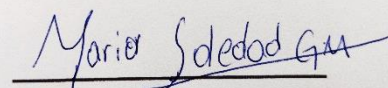
Dra. Analía Pérez Ruchel

Fecha: 27/11/2020

Autores:



María Agustina Fontes



María Soledad Grignola

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecemos a nuestras familias, principalmente a nuestros padres ya que sin ellos este logro no hubiera sido posible, por brindarnos la oportunidad de estudiar y el apoyo emocional e incondicional.

A Marcos y Agustín por habernos acompañado en el proceso, tanto en buenos como malos momentos.

A los amigos que nos dejó la facultad por siempre impulsarnos a continuar y haber compartido tantos momentos importantes que nos llevaremos para siempre en los recuerdos.

A nuestras amigas personales por haber sido un pilar fundamental en todos estos años, por haber compartido y alentado en los malos momentos y haber festejado cada logro obtenido como si fuera suyo.

A los tutores Gonzalo y Analía por todos los conocimientos, la ayuda y el apoyo brindado.

A los compañeros que participaron en el ensayo experimental, al personal del campo experimental de Libertad de Facultad y los integrantes del IPAV.

Agradecemos a Dios por estar siempre a nuestro lado y darnos la fuerza para siempre seguir adelante.

Y a todos los que formaron parte de nuestro día a día.

¡¡¡¡Muchas gracias!!!!

## TABLA DE CONTENIDOS

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
TABLA DE CONTENIDOS.....	4
RESUMEN.....	7
SUMMARY .....	8
1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES .....	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.1 Estrategias de alimentación para el engorde de corderos.....	11
2.1.1 Sistema pastoril .....	11
2.1.2 Sistemas que utilizan RTM en confinamiento.....	12
2.1.2.1 Uso de subproductos industriales como alternativa a granos de cereales en RTM12	
2.1.3 Combinación de pasturas con otros alimentos .....	13
2.1.3.1 Suplementación de pastura con concentrados.....	13
2.1.3.2 Dietas parcialmente mezcladas (DPM) .....	13
2.3 Factores que afectan el consumo en ovinos: .....	14
2.4 Ambiente ruminal:.....	15
2.4.1 pH.....	15
2.4.2 Ácidos grasos volátiles (AGV).....	17
2.4.3 Nitrógeno amoniacal (N-NH <sub>3</sub> ).....	17
4. OBJETIVOS.....	20
4.1 Objetivo General.....	20
4.2 Objetivos Específicos.....	20
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
5.1 Animales, diseño experimental y dietas .....	21
5.1.1 Formulación de raciones totalmente mezcladas (RTM).....	21
5.1.2 Forraje fresco.....	23
5.2 Determinaciones y muestreos.....	24
5.2.1 Consumo de nutrientes .....	24
5.2.2 Parámetros ruminales .....	24
5.3 Análisis químicos .....	24
5.4 Análisis estadístico .....	25
6. RESULTADOS .....	26
7. DISCUSIÓN.....	31
8. CONCLUSIONES .....	33

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 34

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Ingredientes de las raciones totalmente mezcladas utilizadas en los tratamientos RTM_A y RTM_F.....	22
Tabla 2. Composición química de forraje fresco (FF), ración totalmente mezclada amilácea (RTM_A) y ración totalmente mezclada fibrosa (RTM_F).....	23
Tabla 3. Consumo de forraje fresco (FF) y ración totalmente mezclada (RTM) en corderos alimentados con FF, FF con RTM amilácea (DPM_A) y FF con RTM fibrosa (DPM_F) .....	26
Tabla 4. Consumo de nutrientes en corderos alimentados con forraje fresco (FF) y ración totalmente mezclada (RTM) con granos de cereales (DPM_A), o FF y RTM con subproducto fibroso (DPM_F) .....	27
Tabla 5. pH, concentración de ácidos grasos volátiles (AGV), relación acético propiónico (A:P), y concentración de N-NH <sub>3</sub> (mg/dl) en el líquido ruminal de corderos alimentados con forraje fresco (FF), dieta parcialmente mezclada amilácea (DPM_A) y dieta parcialmente mezclada fibrosa (DPM_F).....	29
Figura 1. Dinámica de ácidos grasos volátiles (AGV) Mm., pH ruminal y amoníaco (N-NH <sub>3</sub> ) mg/dl en corderos alimentados con forraje fresco (FF), dieta parcialmente amilácea (DPM_A) y dieta parcialmente mezclada fibrosa (DPM_F) a partir de la primer hora de alimento hora 0 (0800h). .....	30

## RESUMEN

La combinación de ración totalmente mezclada (RTM) y pastoreo durante períodos alternados del día se denomina dietas parcialmente mezcladas (DPM), es una herramienta que permitiría sumar los aspectos positivos de los sistemas pastoriles y de confinamiento. Pero aún existe poca información, y menos aún, con respecto al uso de fuentes energéticas fibrosas como parte de la RTM, en el engorde de corderos con este tipo de sistemas. En este trabajo se estudió el efecto de ofrecer DPM conteniendo distintas fuentes de energía sobre el consumo diario y el ambiente ruminal de corderos en engorde. Se utilizaron 18 corderos Corriedale x Ile de France ( $32,2 \pm 1,82$  kg de peso vivo y 120 días de edad) provistos con sondas ruminales permanentes y alojados individualmente en jaulas metabólicas. Cada cordero fue asignado a uno de tres tratamientos de acuerdo con un diseño completamente al azar, FF: forraje fresco como único alimento (08:00 h a 18:00 h), DPM\_A: forraje fresco y RTM con granos de cereales como fuente energética y DPM\_F: forraje fresco y RTM con subproductos fibrosos como fuente energética. Las RTM fueron formuladas para cubrir los requerimientos de corderos en crecimiento de 30 kg con ganancias diarias de 300 g/d y ofrecidas a un nivel del 75% del consumo potencial. Los subproductos utilizados en la RTM\_F fueron lex de maíz (germen de maíz desgrasado) y cascarilla de soja, mientras que los granos de cereales utilizados en la RTM\_A fueron maíz molido y grano de trigo. Los animales sometidos a los tratamientos DPM\_A y DPM\_F recibieron las RTM en dos comidas diarias (08:00h y 18:00h) y el forraje fresco *ad libitum* desde las 10:00 h a las 18:00 h. El periodo experimental tuvo una duración de 18 días (6 días de adaptación y 12 días de mediciones). Los datos fueron analizados mediante el procedimiento mixto de SAS y las comparaciones entre medias se realizaron mediante contrastes ortogonales. El consumo total de materia seca (MS), materia orgánica (MO), fibra neutro detergente (NDF), fibra ácido detergente (FAD), almidón y energía metabolizable (EM) fue menor para FF que para las DPM. Entre las DPM no hubo diferencias significativas en los niveles de consumo de MS, MO, FAD y EM. Los corderos del DPM\_F tuvieron mayor consumo de FND y menor consumo de almidón que DPM\_A. El ambiente ruminal de los corderos sometidos al tratamiento FF, presentó mayor pH, mayor relación acetato: propionato (P) y mayor concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), con una menor concentración de P y butirato y sin diferencias en la concentración total de ácidos grasos volátiles, con respecto a las DPM. Mientras que los corderos de DPM\_F presentaron menor concentración de N-NH<sub>3</sub> respecto a la DPM\_A, sin diferencias en los demás parámetros ruminales evaluados. Estos resultados nos llevarían a pensar que la inclusión de subproductos fibrosos reduciría la concentración de N-NH<sub>3</sub>. Se concluye que la combinación de forraje fresco, durante 8h/día, con una RTM permitió incrementar el consumo de nutrientes y reducir la concentración de amoníaco con respecto a corderos alimentados únicamente con forraje fresco, siendo una alternativa válida la inclusión de subproductos fibrosos en la RTM.

## SUMMARY

The combination of total mixed rations (TMR) with grazing during alternating periods of time during the day are called partial mixed rations (PMR), which is a tool that would allow to combine the positive aspects of pasture-based or confinement systems. However, there is still little information, and even less when it comes to the implementation of fibrous energetic sources as part of the TMR in lamb fattening PMR systems. This study evaluated the effect of offering PMR containing different sources of energy over the daily intake and ruminal environment of fattening lambs. 18 lambs Corriedale x Ile de France ( $32.2 \pm 1.82$  kg live weight and 120 days of age) were used, all provided with permanent ruminal catheter and housed on individual metabolism cages. Each lamb was assigned following a complete randomized design to one of three treatments, FF: fresh forage (08:00h to 18:00h), PMR\_A: fresh forage in combination with TMR with cereal grains as energy source, and DPM\_F: fresh forage in combination with TMR with fibrous by-products as energy source. The TMR was formulated to meet requirements of growing lambs (30 kg) with estimated daily gain of 300 g/d offered at a level of 75% of the potential intake. The by-products included in the TMR\_F were defatted corn germ and soybean hulls while the cereal grains in TMR\_A were ground corn and wheat grains. Animals of treatments PMR\_A and PMR\_F were feed with TMR in two daily meals (08:00h and 18:00h) and with fresh forage *ad libitum* between 10:00h and 18:00h. The experimental period lasted 18 days (6 adaptation days and 12 measurements days). Results were analyzed by using the mixed procedure of SAS and comparisons between means by orthogonal contrasts. Total dry matter intake (DM), organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), starch (S) and metabolizable energy (ME) were lower in FF than in PMR. Between PMR there were no significant differences in the intake levels of DM, OM, ADF and ME. DPM\_F registered higher consumption of NDF but lower of S than DPM\_A. In terms of ruminal environment, lambs in FF treatment showed higher acetate (A): propionate (P) ratio and higher ammonia nitrogen (N-NH<sub>3</sub>) concentration, but lower P and butyrate concentration without significant differences in the total volatile fatty acids concentration in comparison to DPM. Whereas lambs in DPM\_F registered lower N-NH<sub>3</sub> concentration than those in DPM\_A, however, there were no significant differences in the other ruminal parameters evaluated. These results indicate that the inclusion of fibrous by-products could possibly improve uptake of N-NH<sub>3</sub>. We concluded that the combination of fresh forage through 8h a day with TMR could increase nutrient intake and uptake of N-NH<sub>3</sub> in comparison to a pure fresh forage diet, and also the inclusion of fibrous by-products in the TMR being a worthy alternative.



## 1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En Uruguay, la producción de carne ovina se lleva a cabo principalmente sobre pasturas naturales, sin embargo, en la última década ha aumentado la asignación de pasturas mejoradas al sector ovino como una estrategia para intensificar la producción (DIEA, 2019). La producción de carne ovina en Uruguay se basa principalmente en la faena de corderos (DIEA 2019), más aún a partir de la década de los 90 donde el SUL promovió la producción de cordero pesado, siendo éste un producto de elite. Existen distintos sistemas de alimentación para obtener mayores ganancias en un corto período de tiempo. Los sistemas pastoriles proporcionan diversas ventajas asociadas al bienestar animal y a la salud humana ya que permite lograr un producto con niveles más favorables de minerales, ácidos grasos y vitaminas (Nuernberg et al., 2008). Cuando los rumiantes consumen forraje fresco la proporción de ácidos grasos saturados, en comparación con los ácidos grasos insaturados de la carne, disminuye y aumenta la cantidad de CLA (ácido linolénico conjugado), compuesto con reconocidas propiedades beneficiosas para la salud como anti-carcinogénicas y anti-teratogénicas (Dedeckere et al., 1998; Lourenço et al., 2008). Sin embargo, en términos productivos, los sistemas con base pastoril, en comparación con dietas a base de concentrados, son menos eficientes. Las principales limitantes asociadas al uso de las pasturas se encuentran relacionadas a la variabilidad anual (tanto en cantidad como en calidad) y al bajo consumo de energía que se logra con ellas (Kolver, 2003).

La suplementación con alimentos concentrados (granos de cereales o subproductos) ha sido una herramienta muy utilizada en nuestro país con el fin de intensificar la producción, aumentando las ganancias diarias y el ingreso de nutrientes al sistema (Bianchi et al., 2007, Piaggio, 2010). En general, la inclusión de granos de cereales en dietas pastoriles permitiría aumentar simultáneamente la densidad energética de la dieta y la captación de nitrógeno amoniacal ( $N-NH_3$ ) por los microorganismos ruminales. Sin embargo, en algunos trabajos realizados con ovinos en nuestro país, no se logró evidenciar una mayor captación de  $N-NH_3$  ni síntesis de proteína microbiana al suplementar pasturas con concentrados energéticos, administrados en momentos alternados del día (Aguerre et al., 2009, Tebot et al., 2012). Además, los ovinos parecen ser más susceptibles que los bovinos a la aparición de acidosis, por lo que el manejo de la alimentación es clave para evitar este tipo de patologías (Aguerre et al., 2013).

Por otra parte, los sistemas de engorde a corral son una alternativa interesante para superar las limitantes de los sistemas pastoriles. En estos sistemas los alimentos se suministran en forma de raciones totalmente mezcladas (RTM). Este término refiere a una mezcla compuesta por forrajes (principalmente ensilajes o henos) y alimentos concentrados (granos y subproductos), que se ofrece como alimento único. De esta manera, el uso de RTM permite un mejor balance de los nutrientes ingeridos, sincronizando su disponibilidad a nivel ruminal y disminuyendo la selección de componentes de la ración por parte de los animales (Gill, 1979). Las formulaciones de RTM admiten diferentes alternativas en sus ingredientes. Los granos de cereales son los ingredientes más utilizados como fuente de energía; sin embargo, existen algunos subproductos industriales, como los afrechillos, harinas, derivados de la industria de oleaginosos, pulpa de remolacha, pulpa de citrus, DDGS (granos secos de destilería con solubles) y lex de maíz, que podrían ser utilizados como fuente de energía alternativa. En este sentido, Felix et al. (2012) y Schauer et al. (2008) trabajando con corderos en sistemas de confinamiento, sustituyendo grano de cebada, maíz y harina de soja por DDGS, concluyeron que niveles de inclusión de hasta 60% de DDGS en una dieta RTM no afectó el consumo de materia seca (CMS). Si bien en nuestro país ya existen

antecedentes de trabajos que utilizan RTM con diferentes características para el engorde de cordero (Piaggio et al., 2013), el tema es aún incipiente. Por contraparte a las ventajas mencionadas, el confinamiento reduce la expresión normal de comportamiento de los animales (Cajarville et al., 2012), además de aumentar la susceptibilidad a sufrir acidosis ruminal subaguda (ARS) (Charlton et al., 2011).

Una alternativa poco explorada en ovinos, tanto a nivel mundial como nacional, es la combinación de RTM y pastoreo durante períodos alternados del día, denominadas dietas parcialmente mezcladas (DPM). Estas dietas permitirían sumar los aspectos positivos de los sistemas pastoriles y de confinamiento. En nuestro país, Pérez-Ruchel et al. (2017) evaluaron diferentes niveles de inclusión de pastura fresca (alfalfa) a corderos alimentados con dietas RTM y concluyeron que la inclusión de pastura en la dieta mejoró el ambiente ruminal sin afectar negativamente el nivel de consumo de los animales. Sin embargo, no hemos encontrado información acerca de cómo diferentes fuentes energéticas en la RTM de una DPM afectan el consumo de nutrientes y el ambiente ruminal en corderos.

Considerando los antecedentes mencionados, creemos relevante evaluar el impacto de distintas fuentes energéticas (granos de cereales o subproductos fibrosos) en las RTM de DPM, buscando incrementar el consumo de nutrientes con un adecuado ambiente ruminal.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La producción ovina en el Uruguay se realiza mayoritariamente sobre campo natural, sin embargo, en los últimos años se ha dado lugar a pasturas mejoradas para obtener mayores ganancias en un corto periodo de tiempo. Según DIEA (2019) la categoría que presenta mayor número de faena es el cordero, manteniéndose en niveles mayores al 50%. Desde los años 90 el Secretariado Uruguayo de lana (SUL) ha promovido la producción de cordero pesado para satisfacer mercados de elite, dándole mayor precio al producto. En este sentido, para obtener mayores ganancias diarias, Fernández Turren et al. (2020) revisando la información disponible, describen los sistemas más utilizados como estrategias de alimentación para el engorde de corderos.

### 2.1 Estrategias de alimentación para el engorde de corderos

En nuestro país existen variadas estrategias de alimentación para el engorde de corderos pudiéndose clasificar en: sistemas pastoriles, sistema que utilizan RTM en confinamiento y sistemas que combinan pasturas con otros alimentos. Cada una de ellas conllevan ventajas y limitantes, las cuales especificaremos a continuación.

#### 2.1.1 Sistema pastoril

El sistema pastoril es la alternativa más utilizada en Uruguay siendo mayoritariamente a base de campo natural, pero también de pasturas mejoradas (DIEA 2015 y 2019). Para el engorde de corderos se utilizan principalmente pasturas templadas implantadas, que pueden ser gramíneas, leguminosas o mezcla de ambas. Estas pasturas presentan alto valor nutritivo al ser consumidas en estado vegetativo, ya que contienen altos niveles de proteína soluble, de rápida degradación, dando como resultado un aumento en la concentración de N-NH<sub>3</sub> ruminal (Cajarville et al., 2012; Lee, 2018). Otra característica de este tipo de forrajes es su contenido de fibra de buena calidad que, a su vez, es traducida en altas concentraciones de ácidos grasos volátiles (AGV) (Fernandez-Turren et al., 2020). Por otra parte, el contenido de carbohidratos solubles es relativamente bajo lo cual se considera un factor limitante para obtener una mejor eficiencia de uso de N a nivel ruminal (Fernández-Turren et al., 2020), dando como resultado pérdidas de materias nitrogenadas (Kolver et al., 2003).

La utilización de pasturas presenta beneficios asociados a un mejor bienestar animal, disminución de la erosión del suelo (Hanson et al., 1998) y disminución de costos de producción, mano de obra. En este sentido, se logra una mayor eficiencia del sistema ya que hay un mayor aprovechamiento de los recursos (Hanson et al., 1998).

Por otro lado, este sistema tiene limitantes a tener en cuenta y que influyen a la hora de la toma de decisiones por parte del productor. Además de las pérdidas nitrogenadas al ambiente nombradas anteriormente, en nuestro país la producción de forraje tiene fluctuaciones durante el año. Estas fluctuaciones dependen del efecto año, ya sea por los niveles de precipitaciones o sequías afectando la disponibilidad de alimento y su calidad (Orcasberro, 1997). Esto, no solo influye en el incremento del peso vivo (PV) de los animales, sino que también modifica el consumo de CMS (Cabrerá et al., 2007). A su vez, bajo condiciones de pastoreo, pueden existir otras limitantes asociadas al tiempo y consumo de

energía del animal en la búsqueda y cosecha del forraje, más aún pensando en la capacidad de selectividad del ovino (Cajarville et al., 2012).

### 2.1.2 Sistemas que utilizan RTM en confinamiento

En sistemas de confinamiento generalmente se ofrece el alimento en forma de RTM, donde los forrajes (ensilaje o henos) y alimentos concentrados (granos o subproductos) son completamente mezclados. Esta estrategia de alimentación tiene ventajas vinculadas al aporte balanceado de nutrientes y reducción de la selección por parte de los animales. Asimismo, en general, el forraje se procesa antes de mezclar reduciendo el tamaño de partículas con lo cual disminuye el contenido ruminal (respetando el tamaño de fibra efectiva), dando como resultado un aumento en el nivel de ingesta total (Gill, 1979). El engorde de corderos en sistemas de confinamiento genera una mayor ganancia diaria y una mejor terminación que el sistema pastoril (Bianchi, 2014), a su vez, estos sistemas permiten liberar superficie para ser utilizados en otras actividades (Bianchi, 2012). Con respecto a la salud animal en este tipo de sistema, hay una disminución de la frecuencia de acidosis (Gill, 1979). Sin embargo, este sistema presenta desventajas como la necesidad de invertir en ciertas herramientas y elaborar la infraestructura correspondiente. Por otra parte, desde el punto de vista de la salud humana el consumo de carne producida en un sistema pastoril es más beneficiosa que la producida en sistemas de confinamiento (Bianchi, 2014).

#### 2.1.2.1 Uso de subproductos industriales como alternativa a granos de cereales en RTM

Los granos de cereales son utilizados en la elaboración de alimentos para humanos y, en las últimas décadas, para la producción de biocombustibles. Ambas industrias generan una elevada demanda que hace aumentar los precios, dificultando su utilización en producción animal (Klopfenstein et al., 2008). De todas formas, esto abre nuevas puertas para la alimentación en rumiantes ya que de los procesos industriales derivan subproductos que son de difícil colocación, lo que reduce en algunos casos sus precios haciéndolos accesibles para el sector agropecuario. Estos subproductos, derivan de distintos granos de cereales, entre ellos trigo, cebada y maíz, por tanto, los valores nutricionales y las características del alimento dependen no solo del grano base sino también del proceso al que son sometidos (De Blas et al., 2012). De todas maneras, muchos de estos subproductos contienen un elevado valor nutritivo, con FND y proteína muy degradable en rumen (Klopfenstein et al., 2008).

Por lo tanto, algunos subproductos industriales podrían ser una buena opción para sustituir los granos de cereales. En este sentido, Rivas et al. (2017) evaluaron los efectos de la sustitución de granos de cereales (maíz y sorgo) por bagazo húmedo de cervecería como suplemento en corderos a pastoreo. Estos autores concluyeron que la utilización de dicho subproducto generaba ganancias de peso similares a los tratamientos con maíz y sorgo, pero con un consumo total menor y menor costo, por tanto, generando un índice insumo/producto más favorable. La contraparte a estos resultados es que el bagazo húmedo tiene una vida útil condicionada por su porcentaje de humedad y es algo a tener en cuenta en los sistemas que se utiliza.

Por otra parte, Felix et al. (2012) realizaron un estudio donde evaluaron los efectos de la inclusión de DDGS en dietas a base de maíz y soja (0%, 20%, 40% y 60%) en 96 corderos en crecimiento. Los mismos, notaron que la inclusión del 20% fue la más beneficiosa en cuanto a ganancia diaria, ingesta de MS y eficiencia de conversión, incluso mejorando los resultados de la ración de base. Sin embargo, a diferencia de Klopfenstein et al. (2008), los autores resaltaron que las dietas con mayor inclusión de DDGS poseían una baja proporción de FND. Esto pudo haber desfavorecido el ambiente ruminal y por tanto el aprovechamiento de los nutrientes disminuyendo la ganancia diaria de los corderos. En este sentido, Felix y Loerch (2011) evaluaron los efectos de la administración de forraje y monensina a novillos cuyas dietas contenían 60% de DDGS. La inclusión de 10% de forraje aumentó la ingesta de MS, mejoró la eficiencia de conversión y las ganancias diarias logrando un peso final más elevado. Estos autores atribuyeron la mejora en las ganancias a los efectos buffer de la saliva y la promoción de la rumia generados por la fibra efectiva. Sin embargo, de un segundo experimento de dicho estudio se desprende que algunos procedimientos industriales pueden dejar trazas de distintas sustancias como azufre y ácido sulfúrico que disminuyen el pH ruminal postingesta, siendo un factor determinante en la pérdida de eficiencia al aumentar la proporción de DDGS. Esto demuestra que al momento de utilizar un subproducto industrial hay factores más allá de lo estrictamente nutricional a tener en cuenta.

Los subproductos industriales han demostrado ser una alternativa válida en la alimentación animal. Sin embargo, en la literatura no se encuentra información donde se evalúe la utilización de dichos subproductos dentro de DPM en corderos, sería interesante estudiar cómo afectan los niveles de consumo de nutrientes y el ambiente ruminal.

### 2.1.3 Combinación de pasturas con otros alimentos

#### 2.1.3.1 Suplementación de pastura con concentrados

Una alternativa de combinación de sistemas es la suplementación con distintos tipos de granos a corderos alimentados con pasturas templadas. Esta estrategia permitiría incrementar el consumo de MS y energía, logrando mejorar las ganancias diarias con respecto a corderos alimentados únicamente con pasturas (Karnezos et al., 1994). Sin embargo, algunos autores reportan resultados diferentes con respecto a los efectos de la suplementación con granos. En este sentido, Aguerre et al. (2013) evaluaron diferentes niveles de suplementación con grano de sorgo (0, 5, 10 y 15 g/kg PV) en corderos alimentados con forraje fresco (ryegrass). Reportaron, una mayor fermentación ruminal que redujo la digestibilidad de la fibra, la materia orgánica (MO) total ingerida, la eficiencia de producción de proteína microbiana y el consumo total de alimento. Esto va alineado con lo publicado por Amaral et al. (2011) donde afirman que los suplementos en corderos con dieta a base de ryegrass deben contener tanto almidón como fuentes de proteína, ya que la oferta de aminoácidos al intestino delgado se vio negativamente afectada por la suplementación con altos valores de almidón y bajos en proteína. Una de las causas de estos resultados podría residir en una asincronía entre el N que aporta la pastura y la energía de los granos administrados en diferentes momentos.

#### 2.1.3.2 Dietas parcialmente mezcladas (DPM)

La combinación de RTM con pasturas de alta calidad ofrecidas en momentos alternados del día fue denominada por Bargo et al. (2002) como DPM. Algunas ventajas de la oferta de las DPM incluyen la provisión de alimento más uniforme durante todo el año, un monitoreo más preciso del consumo de pasto y de la ingestión total de MS, al compararse con sistemas únicamente pastoriles. A su vez, disminuye la probabilidad de contraer problemas digestivos en rumen en comparación con la suplementación de pasturas con alimentos concentrados, debido a que la RTM incluye una proporción de forraje pudiendo ser heno o ensilaje además que se le suministra todo a la vez reduciendo la selectividad (Bargo et al., 2002). Por lo tanto, las DPM lograrían aprovechar las ventajas de un sistema a corral y los beneficios de la alimentación a pasto proporcionando, además, seguridad alimentaria, siendo amigable con el medio ambiente y respetando el bienestar animal.

En nuestro país, Santana et al. (2016) demostraron, en un experimento realizado con vaquillonas, que las DPM igualaron los consumos de MS logrados con RTM y mejoraron la utilización del N con respecto a los animales alimentados únicamente con forraje fresco. Esto incentiva a profundizar sobre esta alternativa, más aún en ovinos, en los cuales esta estrategia alimenticia ha sido poco explorada hasta el momento. Si además, consideramos que las RTM pueden contener gran variedad de ingredientes que modificarían la disponibilidad y sincronización de nutrientes a nivel ruminal, como por ejemplo los ingredientes energéticos, que pueden contener mayor cantidad de almidón o de fibra, resulta aún más necesario profundizar en esta herramienta y su impacto sobre el consumo y el ambiente ruminal de los ovinos.

### **2.3 Factores que afectan el consumo en ovinos:**

El consumo voluntario de los animales es uno de los factores principales que determina la performance de los animales. Forbes (2007) destaca como principales factores reguladores del consumo en rumiantes la capacidad ruminal y los factores metabólicos. La capacidad ruminal se ve afectada en parte por la presentación del alimento, cantidad de éste y contenido de FND, mientras que los factores metabólicos se componen de señales de saciedad, concentración de AGV, niveles de N-NH<sub>3</sub> ruminal, entre otros. En definitiva, el consumo no es afectado por un factor en particular sino por la combinación de ambos factores mencionados.

En los sistemas pastoriles de alta producción los animales tienen grandes limitaciones para cubrir los requerimientos. Una característica de las pasturas templadas, en determinadas estaciones del año, como en otoño, es el bajo contenido de MS pudiendo ser incluso hasta 20%. Esto genera limitaciones en el consumo debido al llenado físico del rumen, no pudiendo alcanzar los niveles de consumo de MS y energía deseados (Cajarville et al., 2005). Otro de los factores que influyen en el consumo de MS es el estado de madurez del forraje. A medida que éste avanza la tasa de bocado y su peso disminuyen, provocando que los animales pasen más tiempo seleccionando el alimento (Fernández-Turren et al., 2020). Al aumentar el estado de madurez, también aumenta el contenido de fibra y disminuye su digestibilidad debido a un mayor contenido de paredes celulares y tejidos lignificados (Jung et al., 1995). El incremento de la madurez también se asocia con incrementos de la altura de la pastura, lo cual varía según las especies vegetales que la componen. Forrajes con demasiada altura presentan restricciones para el consumo en el ovino ya que le dificulta su cosecha. Por otro lado, el consumo se ve limitado cuando la disponibilidad de las pasturas se encuentra por

debajo de 1200 kg MS/ha y se producen incrementos cuando la cantidad de forraje supera los 2500 kg MS/ha (De Barbieri et al., 2013).

La calidad y la disponibilidad de la pastura desempeñan un rol fundamental para permitir una mayor eficiencia en el consumo, tanto en cantidad como en su valor nutricional. Los forrajes de buena calidad en estado vegetativo generalmente contienen elevados niveles de proteína y carbohidratos. Sin embargo, como ya mencionamos, lograr altos consumos de MS en sistemas pastoriles es un desafío complejo. Debido a esto, en sistemas que utilizan únicamente pasturas, ya sea templadas o tropicales, es muy difícil la obtención de elevadas ganancias.

Por otra parte, una ventaja de las RTM en comparación con las dietas a base de forraje es la obtención de mayores consumos de MS y energía. En este sentido, el consumo dependerá de los componentes de las RTM, ya que como mencionamos anteriormente en este tipo de sistema se ofrecen los componentes de la dieta previamente procesados y de manera conjunta dando como resultado la supresión de la selección, disminución del tamaño de partícula y aumento en la densidad de la dieta (Gill, 1979).

Específicamente con la combinación de forraje fresco y RTM, los efectos en el consumo de nutrientes no son tan claros. Santana et al. (2016) compararon el consumo en vaquillonas entre dietas RTM, solo pastura y la combinación de RTM y pastura. Estos autores reportaron consumos de nutrientes similares a los de RTM cuando combinaron forraje fresco y RTM. En contraparte, Pérez-Ruchel et al. (2017) realizó un estudio en ovinos donde evaluó distintos niveles de la combinación de pastura con RTM, resultando en mayores consumos de MS cuando el nivel de inclusión de forraje fue mayor. Dados estos resultados controversiales y al ser una alternativa poco explorada hasta el momento sería importante continuar estudiando este tipo de dieta.

## **2.4 Ambiente ruminal:**

Para lograr un mayor aprovechamiento de nutrientes a nivel ruminal deben estar dadas ciertas condiciones fisicoquímicas, para el desarrollo de los microorganismos ruminales (pH, concentración de AGV y N-NH<sub>3</sub>, osmolaridad, etc.) (Ellison et al., 2017). A continuación, se detallan los principales factores que determinan el ambiente ruminal.

### **2.4.1 pH**

El pH ruminal tiene gran relevancia ya que afecta no sólo la vitalidad y viabilidad de las poblaciones de microorganismos, sino que también afecta la actividad fermentativa y, por tanto, es determinante de las proporciones de nutrientes disponibles para la absorción (Dijkstra et al., 2012). El rango fisiológico de pH ruminal se encuentra entre 5,5 y 7,0 (Krause y Oetzel 2006). Su valor depende de distintos factores como el tipo de alimento, tamaño de partícula, cantidad y tipo de carbohidratos, frecuencia de alimentación y nivel de ingesta (Cerrato et al., 2005).

Los rumiantes cuentan con distintos mecanismos para mantener el pH dentro de los rangos fisiológicos. La absorción de los AGV por medio de las papilas ruminales es uno de ellos. El tamaño de la papila juega un rol muy importante en la capacidad absorptiva del rumen. En

este sentido, dietas con mayor proporción de concentrados estimulan el crecimiento de estas (Krause et al., 2006). A su vez, otro factor importante en el mantenimiento de las condiciones de pH ruminal es la saliva por su rico contenido en sodio, potasio, bicarbonato y fosfato que actúa como buffer, amortiguando los cambios en el pH mediante neutralización de los AGV producidos por la fermentación (Krause et al., 2006). Aproximadamente la mitad del bicarbonato disponible en rumen es proporcionado por la saliva, mientras que la otra mitad proviene de la sangre a cambio del pasaje de ácidos ionizados (Owens et al., 1998). Maekawa et al. (2002) realizaron un estudio con vacas en lactación donde evaluaron la dinámica de salivación en animales sometidos a tratamientos con RTM con distinta relación forraje: concentrado y vacas que consumían el concentrado y el forraje en momentos diferentes. Estos autores, concluyeron que el tipo y la dinámica de alimentación no tenían incidencia en la producción de saliva diaria total pero sí en los patrones de salivación. También mencionaron que las RTM generan más saliva por kg de MS consumida durante el tiempo en el que el animal pasa comiendo y esto ayudaría a mantener el pH postingesta de una mejor manera que animales que consumen el concentrado separado del forraje.

El rumen es un órgano complejo con distintas poblaciones de microorganismos dentro de los cuales algunos ayudan al mantenimiento del pH y otros lo modifican negativamente, pero lo que está claro es que por debajo del rango fisiológico la mayoría de las poblaciones microbianas ven disminuida su actividad (Krause et al., 2006). Las principales bacterias fibrolíticas son susceptibles a valores de pH ruminal inferior a 6. En algunos casos dependiendo del valor de pH y el tiempo por el que se mantiene bajo las bacterias fibrolíticas logran sobrevivir gracias a procesos intracelulares, pero no degradar el sustrato. Esto genera una disminución en la producción de AGV y, a consecuencia, también de energía, traduciéndose en un menor valor nutricional del alimento en términos proteicos y energéticos, incluso se estima que un 20% menos de fibra que se digiera podría disminuir el valor nutricional un 10% (Dijkstra et al., 2012).

Los valores de pH varían fundamentalmente con el tipo de dieta que ingiere el animal. En general, las dietas pastoriles, por su alto contenido en fibra, generan pH ruminales cercanos a la neutralidad 6,5-6,8 (Van Soest, 1994). En cambio, cuando los animales son alimentados con RTM, el pH generalmente es menor (Pérez-Ruchel et al., 2017; Santana et al., 2016). En particular, cuando los animales ingieren DPM, si bien es escasa la información existente, parecería ser que el pH varía no solo por la composición de la RTM, sino que también por la proporción de forraje-concentrado (Pérez-Ruchel et al., 2017).

Cuando los procesos fisiológicos de regulación de pH fallan se produce la acidificación del medio ruminal, lo cual determina una acidosis ruminal aguda. Esta patología está caracterizada por una disminución importante en el pH ruminal ( $\text{pH} < 5$ ) principalmente causada por la ingesta de carbohidratos de rápida degradación. Esta patología genera consecuencias clínicas muy importantes, incluso la muerte del animal (Krause et al., 2006; Dijkstra et al., 2012). Otra patología capaz de producir marcadas pérdidas productivas es la acidosis ruminal subaguda (ARS). Se define en términos generales como disminuciones de pH a valores no fisiológicos entre 5,2 – 5,6, durante más de tres horas consecutivas durante el día, por fallas en la adaptación del ambiente ruminal o en el manejo alimenticio (Kleen et al., 2003; Krause et al., 2006; Rabaza et al., 2019). Estas caídas de pH tienen consecuencias clínicas como diarrea, laminitis, disminución de la ingesta, queratosis de la pared del rumen entre otras, pero también generan alteraciones en los procesos ruminales fisiológicos como lo es la digestión de la fibra dando como resultado una disminución de la producción (Dijkstra et al., 2012; Kleen et al., 2003).



#### 2.4.2 Ácidos grasos volátiles (AGV)

Los AGV son producidos por los microorganismos ruminales como producto final del metabolismo, mayoritariamente de carbohidratos, pero también de otras moléculas como aminoácidos (Maynard, 1981). Los AGV más abundantes son ácido acético, propiónico y butírico, aunque también se producen ácido isobutírico y valérico, siendo neoglucogénicos en el caso del propiónico y además, en otros casos, fuente energética para los rumiantes. Algunos AGV se absorben y metabolizan en la pared ruminal mientras que otros siguen hacia el torrente sanguíneo (Kristensen et al., 2000). La proporción y cantidad en que son producidos depende de las características de los alimentos ingeridos. Por ejemplo, con una dieta basada en forraje se favorecerá la población fibrolítica y por tanto la producción de acetato, mientras que con una dieta basada en concentrados generalmente rica en almidón predominará la microbiota amilolítica y, por lo tanto, aumentará la producción de propionato (Carberry et al., 2012).

La producción de AGV depende de la interacción entre el pH, el alimento ingerido y la microbiota. Como fue explicado anteriormente, la disminución de pH altera las bacterias fibrolíticas disminuyendo la eficiencia de digestión de la fibra, a su vez podría llegar a deteriorar las paredes del rumen alterando el pasaje de los AGV al torrente sanguíneo. Esto fue demostrado en un estudio en corderos donde se reveló que tanto la composición de la dieta como la composición de la microbiota tienen un efecto en la producción de AGV y por tanto en la eficiencia alimenticia (Elliston et al., 2017).

#### 2.4.3 Nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>)

El N-NH<sub>3</sub> en rumen proviene del catabolismo de las proteínas, péptidos y otras sustancias de la dieta como productos nitrogenados solubles, ADN, ARN, péptidos, y urea (de la dieta o saliva y sangre) (Huntington y Archibeque 1999). Cuando el N-NH<sub>3</sub> es producido en elevada concentración se absorbe y va hacia el hígado donde es transformado a urea y de allí vuelve al rumen (vía sanguínea o salival) o se desecha por orina principalmente (Huntington et al., 1999). El metabolismo N-NH<sub>3</sub> es muy complejo y no solo intervienen cuestiones digestivas sino también propias del animal como el ritmo circadiano, la inmunidad, el metabolismo y daño de tejidos (Hall et al., 2008).

El N-NH<sub>3</sub> es el precursor más importante para la producción de proteína microbiana. La mayoría de las bacterias ruminales pueden sobrevivir con N-NH<sub>3</sub> como su única fuente de nitrógeno, aunque puedan preferir otras ante su presencia (Bach et al., 2005, Broderick y Wallace 1988). Resulta de interés que una mayor proporción de N-NH<sub>3</sub> se convierta en proteína microbiana, ya que la proteína microbiana representa hasta el 80% de la proteína absorbible en rumiantes (Bach et al., 2005). Existen estrategias que han sido estudiadas y utilizadas en los últimos años en búsqueda de una mejor sincronización de carbohidratos y productos nitrogenados, ya que no existe un mecanismo compensatorio para suplir el déficit de carbohidratos como si lo hay para el N (Hall et al., 2008). Por otro lado, hay autores que afirman que por la elevada cantidad de factores que intervienen en el metabolismo de nitrógeno la sincronización de nutrientes no cumple con las expectativas y, por tanto, habría que estudiar en mayor profundidad los nutrientes específicos y sus interacciones para que se traduzca en un aumento de la proteína microbiana (Hall et al., 2008). El tipo de carbohidrato en la dieta condiciona los ácidos grasos de cadena ramificada que son el

esqueleto para la formación de aminoácidos por las bacterias con el agregado de los grupos amino del amoníaco, y por tanto sería un factor a tener en cuenta para el mejor aprovechamiento del N-NH<sub>3</sub> (Hall et al., 2008).

El tipo de dieta tiene efecto directo sobre la concentración de N-NH<sub>3</sub> ruminal, siendo las pasturas muy ricas en compuestos nitrogenados proteicos y no proteicos solubles, generando un rápido aumento de N-NH<sub>3</sub> y poca cantidad de carbohidratos rápidamente fermentables. Esto genera una desincronización y por tanto pérdidas de N-NH<sub>3</sub> (Fernandez-Turren et al., 2020). En cambio, otros tipos de dietas, a base de granos o subproductos contienen altas concentraciones de carbohidratos rápidamente fermentables, generando una posibilidad de utilizarlos en conjunto y lograr la sincronización deseada de manera de intentar reducir las pérdidas. Se ha demostrado en distintos estudios que la incorporación creciente de este tipo de alimentos disminuye el amoníaco en rumen (Bach et al., 2005). Un factor a tener en cuenta es el pH ruminal, ya que la incorporación de dicho tipo de carbohidratos podría disminuirlo, afectando por distintos mecanismos, la generación de proteína microbiana y por tanto el aprovechamiento del N-NH<sub>3</sub> (Bach et al., 2005).

Las DPM parecen ser una alternativa para mejorar la captación de amoníaco ya que, según el experimento realizado por Pérez-Ruchel et al. (2017) este tipo de dieta generaría menor concentración de N-NH<sub>3</sub> comparado con dietas únicamente a base de forraje fresco, lo que indicaría un mejor aprovechamiento del nitrógeno debido a menores pérdidas por orina. En el mismo estudio, la dieta compuesta únicamente por RTM generó aún menores concentraciones de N-NH<sub>3</sub>.

En síntesis, las DPM en general han sido poco estudiadas. A nivel nacional han sido evaluadas recientemente tanto en bovinos de carne como de leche (Mendoza et al., 2016; Santana et al., 2016). En ovinos, Pérez-Ruchel et al. (2017) observaron que es posible incluir altos niveles de forraje fresco en dietas combinadas con RTM sin consecuencias negativas sobre el consumo de nutrientes, digestión y ambiente ruminal de corderos. Por tanto, creemos relevante generar información sobre este tipo de estrategia utilizando diferentes fuentes de energía en la RTM (granos de cereales o subproductos fibrosos). De modo de contribuir a profundizar el conocimiento sobre alternativas para el engorde de corderos que permitan altos consumos de forraje fresco.

### **3. HIPÓTESIS**

Las dietas parcialmente mezcladas en corderos incrementan el consumo de nutrientes y favorece el ambiente ruminal, independientemente de la fuente de energía utilizada (granos de cereales o subproductos fibrosos) en la ración totalmente mezclada.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto de ofrecer forraje fresco comparado con dietas parcialmente mezcladas (DPM) usando distintas fuentes de energía en las RTM sobre el consumo diario de nutrientes y el ambiente ruminal de corderos en engorde.

### **4.2 Objetivos Específicos**

Evaluar el consumo diario de nutrientes en corderos en crecimiento alimentados con forraje fresco como único alimento o recibiendo una dieta mixta incluyendo granos de cereales o subproductos fibrosos.

Determinar el efecto del consumo de forraje fresco o en una dieta mixta conteniendo granos de cereales o subproductos fibrosos sobre el pH ruminal y las concentraciones de AGV y N-NH<sub>3</sub> en el rumen de corderos en crecimiento.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el Instituto de Producción Animal (IPAV) y en las instalaciones del Campo Experimental N°2 de la Facultad de Veterinaria, UdelaR, situado en el departamento de San José (S 34°40', O 56°32') Uruguay; durante el mes de noviembre de 2016 (primavera).

Los procedimientos experimentales fueron realizados de acuerdo con los principios bioéticos y protocolos de supervisión propuestos por la Comisión de Experimentación de Facultad CEUA (Protocolo CHEA 111130-002229-13).

### 5.1 Animales, diseño experimental y dietas

Se utilizaron 18 corderos machos, castrados Corriedale x Ile de France ( $32,2 \pm 1,82$  kg PV y 120 días de edad). Todos los corderos fueron destetados un mes antes de comenzar el experimento. Cada cordero fue provisto con sondas ruminales permanentes y alojados individualmente en jaulas metabólicas con comederos y bebederos. Fueron asignados a uno de tres tratamientos de acuerdo con un diseño completamente al azar.

Los tratamientos fueron:

1. **FF (forraje fresco):** Oferta de forraje fresco como único alimento
2. **DPM\_A (dieta parcialmente mezclada amilácea):** Oferta de forraje fresco y RTM con granos de cereales como fuente energética
3. **DPM\_F (dieta parcialmente mezclada fibrosa):** Oferta de forraje fresco y RTM con subproductos fibrosos como fuente energética

Los tratamientos DPM\_A y DPM\_F recibieron las RTM en dos comidas diarias (08:00h y 18:00h) y el forraje fresco *ad libitum* entre 10:00h y 18:00h. Mientras que el tratamiento FF recibió el alimento *ad libitum* de 08:00h a 18:00h.

El periodo experimental tuvo una duración de 18 días (6 días de adaptación y 12 días de mediciones).

#### 5.1.1 Formulación de raciones totalmente mezcladas (RTM)

Las RTM fueron formuladas para cubrir los requerimientos de corderos en crecimiento de 30 kg con ganancias diarias de 300 g/d según recomendaciones de NRC (2007) y ofrecidas a un nivel del 75% del consumo potencial (NRC, 2007). Los subproductos utilizados en la ración totalmente mezclada fibrosa RTM\_F fueron lex de maíz (germen de maíz desgrasado) y cascarilla de soja, mientras que los granos de cereales utilizados en la ración totalmente mezclada amilácea RTM\_A fueron maíz molido y grano de trigo.

En la tabla 1 se presentan los ingredientes y la proporción de los alimentos que conformaron cada ración totalmente mezclada (RTM\_A y RTM\_F).

**Tabla 1.** Ingredientes de las raciones totalmente mezcladas utilizadas en los tratamientos RTM\_A y RTM\_F.

	RTM_A	RTM_F
Ingredientes (g/kg MS)		
Maíz molido	272	-
Grano de trigo	202	-
Harina de soja	152	-
Cascarilla de soja	218	194
Lex de maíz	-	650
Heno de raigrás	97	97
Núcleo vitamínico-mineral	59	59

MS: Materia seca. RTM\_A: Ración totalmente mezclada amilácea. RTM\_F ración totalmente mezclada fibrosa. Núcleo vitamínico-mineral (g/kg DM): 28 g CaCO<sub>3</sub>, 18 g NaHCO<sub>3</sub>, 13 g (Co, Zn, Se, I, Vit. A, D3, E).

En la tabla 2 se presenta la composición química del forraje fresco utilizado y de las raciones totalmente mezcladas (RTM\_A y RTM\_F).

**Tabla 2.** Composición química de forraje fresco (FF), ración totalmente mezclada amilácea (RTM\_A) y ración totalmente mezclada fibrosa (RTM\_F)

	FF	RTM_A	RTM_F
Nutrientes (g/kgMS)			
MS	214	892	898
MO	911	920	920
aFNDom	366	284	437
FAD	233	178	205
PC	226	156	161
CNE	296	445	279
Almidón	70	326	130
NIDN (g/kg N)	356	251	391
NIDA (g/kg N)	212	123	185
EE	22,8	34,8	42,6
EM (Mcal/kg MS)	2,39	2,56	2,24

MS, materia seca; MO, materia orgánica; aFNDom; FAD, fibra ácido detergente; PC, proteína cruda; CNE: carbohidratos no estructurales; NIDN, nitrógeno insoluble en detergente neutro; NIDA, nitrógeno insoluble en detergente ácido; EM: energía metabolizable.

### 5.1.2 Forraje fresco

La composición botánica de la pastura utilizada fue 840 g/kg MS de *Medicago sativa*, 105 g/kg MS de *Trifolium repens* y 55 g/kg MS de *Lolium multiflorum*, su composición química se detalla en la Tabla 2. La pastura se encontraba en estado vegetativo con una disponibilidad inicial de 2000 kg MS/ha. Diariamente se cosechó el forraje con una bordeadora (a 5cm del suelo) para poder proporcionarlo fresco. A medida que lo iban consumiendo se iba reponiendo de manera de mantener una oferta continua durante el horario de oferta.

## **5.2 Determinaciones y muestreos**

### **5.2.1 Consumo de nutrientes**

El consumo diario de RTM y de forraje fresco se midió individualmente durante 10 días, como la diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado en cada comida. Diariamente se pesaron y se tomaron muestras de los alimentos ofrecidos y rechazados. Se congelaron a -20°C, y luego fueron secadas en estufa de aire forzado a 60°C. Por último, se molieron a un tamaño de malla de 1 mm y finalmente se analizó su composición química.

### **5.2.2 Parámetros ruminales**

Durante el día 12 de mediciones, se realizaron extracciones de muestras de líquido ruminal a todos los corderos. La primera muestra se tomó a partir del inicio de la oferta de alimento (hora 0). Luego, se continuó con este procedimiento, hora a hora, durante 12 horas consecutivas, y a las horas 16 y 20. Inmediatamente a cada extracción se midió el pH, utilizando un pH metro digital (eChem Instruments Pte., 126 Oakton, Singapur). De cada extracción se obtuvieron 2 muestras (1 ml), que fueron mezcladas una con 0,02 ml de ácido sulfúrico (50%, v/v) y otra con 1 ml de ácido perclórico (0,1 M), para posteriormente determinar las concentraciones de N-NH<sub>3</sub> y de ácidos grasos volátiles (AGV) respectivamente.

## **5.3 Análisis químicos**

Las muestras de alimentos (ofrecidos y rechazados) fueron analizados para MS; procedimiento 934.01), cenizas (procedimiento 967.05), extracto etéreo (procedimiento 920.39) y proteína bruta (PB; mediante el método Kjeldahl y multiplicando el N×6,25; procedimiento 984.13), de acuerdo con el AOAC (2000). La FND y FAD se determinaron de acuerdo a Van Soest et al. (1991). La FND se analizó usando α-amilasa, sin sulfito de sodio y expresada excluyendo las cenizas residuales. En algunas muestras de alimentos se analizaron, además, el nitrógeno insoluble en solución detergente neutro (NIDN) y en detergente ácido (NIDA), determinados por análisis de nitrógeno de los respectivos residuos, y el contenido de almidón que se analizó utilizando un kit enzimático (Megazyme AA/AMG; McCleary et al., 1994). Los carbohidratos no estructurales (CNE) fueron calculados como  $CNE=100-(aFNDom(g/100g))+PC(g/100g)+EE(g/100g)+cenizas(g/100g)$ , de acuerdo a Sniffen et al. (1992). El contenido de energía (Mcal/kg MS) digestible (ED) y energía metabolizable (EM) fue estimado de acuerdo a las ecuaciones  $ED= 3,76-(0,024 \times FND)$  y  $EM= (ED \times 0,827)$  propuestas por Fonnesbeck et al. (1981) y Garrett et al. (1959) respectivamente.

La concentración de N-NH<sub>3</sub> de las muestras de líquido ruminal fue analizada por espectrofotometría de acuerdo a Weatherburn (1967), utilizando un espectrofotómetro Unico 1200 series (United Products & Instruments, Inc., NJ, EEUU). Las concentraciones de AGV [ácido acético (A), propiónico (P) y butírico (B)] fueron analizadas por cromatografía de



acuerdo a Adams et al. (1984) utilizando un HPLC (Dionex Ultimate® 3000, Waltham, Massachusetts, USA) y una columna Acclaim Rezex Organic Acid H+ (8%), 7,8 x 300 mm y 210 nm.

#### **5.4 Análisis estadístico**

Los datos fueron analizados mediante el procedimiento mixto de SAS (versión 9.0; SAS Institute, Cary, NC, USA). Para el consumo de nutrientes el modelo fue:  $[Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + e_{ijk}]$ , donde  $Y_{ijk}$  es la variable dependiente,  $\mu$  es la media general,  $T_i$  el efecto fijo del tratamiento ( $i = \text{FF, DPM\_A o DPM\_F}$ ),  $A$  el efecto fijo del animal (en  $j$  repeticiones de animal ( $n = 6$  corderos)), y  $e_{ijk}$  el error residual.

Las concentraciones de AGV, N-NH<sub>3</sub> y el pH ruminal se analizaron como medidas repetidas en el cordero como sujeto de las medidas repetidas, de acuerdo al modelo:  $[Y_{ijkl} = \mu + T_i + t_k + (T \times t)_{ik} + e_{ijkl}]$ , donde  $Y_{ijkl}$  es la variable dependiente,  $\mu$  la media general,  $T_i$  el efecto fijo del tratamiento ( $i = \text{FF, DPM\_A o DPM\_F}$ ) en  $l$  repeticiones de animal ( $n = 6$  corderos),  $t_k$  el efecto fijo del tiempo ( $k = 08:00 \text{ h, } 09:00 \text{ h, } 10:00 \text{ h, } 11:00 \text{ h, } 12:00 \text{ h, } 13:00 \text{ h, } 14:00 \text{ h, } 15:00 \text{ h, } 16:00 \text{ h, } 17:00 \text{ h, } 18:00 \text{ h, } 19:00 \text{ h, } 20:00 \text{ h, } 00:00 \text{ h y } 04:00 \text{ h}$ ),  $(T \times t)_{ik}$  la interacción entre tratamiento y hora, y  $e_{ijkl}$  el error residual.

Las comparaciones entre medias se realizaron mediante contrastes ortogonales para estudiar el efecto del uso o no de una DPM (C1 = FORRAJE vs DPM) y las fuentes de energía de la RTM entre las DPM (C2 = DPM\_A vs DPM\_F).

Se consideraron diferencias significativas con un valor de  $p < 0,05$ .

## 6. RESULTADOS

El CMS de los corderos alimentados con las distintas dietas se presenta en la Tabla 3. En la misma puede observarse que el consumo total de MS en los corderos alimentados con FF fue menor al de los animales alimentados con las DPM ( $P<0,001$ ) sin embargo, consumieron mayor cantidad de forraje ( $P<0,001$ ).

**Tabla 3.** Consumo de forraje fresco (FF) y ración totalmente mezclada (RTM) en corderos alimentados con FF, FF con RTM amilácea (DPM\_A) y FF con RTM fibrosa (DPM\_F)

Consumo MS g/d	Tratamiento				$P^b$	
	FF	DPM_A	DPM_F	EEM <sup>a</sup>	FF vs DPM	DPM_A vs DPM_F
RTM	-	661	651	25,53	-	0,778
Forraje fresco	877	562	570	34,03	<0,001	0,867
Total	877	1223	1221	43,18	<0,001	0,972

<sup>a</sup> Error estándar de las medias ( $n = 6/\text{tratamiento}$ ); <sup>b</sup> Nivel de significancia: contrastes ortogonales FF vs DPM y DPM\_A vs DPM\_F.

En la Tabla 4 se presentan los datos de consumo de nutrientes para los diferentes tratamientos. El consumo de MO fue menor para los corderos alimentados con FF que para aquellos alimentados con las DPM ( $P<0,001$ ), mientras que entre las DPM no hubo diferencias significativas. Estas mismas diferencias se presentan al analizar el consumo de nitrógeno ( $P=0,043$ ), FAD ( $P=0,02$ ) y EM ( $P<0,001$ ). En cuanto a la FND, los corderos alimentados con DPM registraron un mayor consumo ( $P<0,001$ ). A su vez, la DPM\_F registró mayor consumo de FND ( $P=0,042$ ). Cuando nos referimos al almidón se aprecia un mayor consumo de éste en los corderos alimentados con DPM que en aquellos con FF ( $P<0,001$ ), y al comparar entre DPM, la DPM\_A generó consumos más elevados ( $P<0,001$ ).

**Tabla 4.** Consumo de nutrientes en corderos alimentados con forraje fresco (FF) y ración totalmente mezclada (RTM) con granos de cereales (DPM\_A), o FF y RTM con subproducto fibroso (DPM\_F)

Consumo	Tratamiento			EEM <sup>b</sup>	<i>P</i> <sup>c</sup>	
	FF	DPM_A	DPM_F		FF vs DPM	DPM_A vs DPM_F
g/d, base seca <sup>a</sup>						
MO	818	1136	1134	38,60	<0,001	0,964
N	31,7	35,6	35,1	1,52	0,043	0,787
FND	289	375	436	20,31	<0,001	0,042
FAD	149	237	228	15,95	0,002	0,684
Almidón	61,4	255	125	6,22	<0,001	<0,001
EM (Mcal/d)	2,10	3,04	2,83	0,095	<0,001	0,155

<sup>a</sup>MO: materia orgánica; N: nitrógeno; FND: fibra neutro detergente analizada con amilasa termo estable y sulfito de sodio, corregida por blancos y expresada sin cenizas residuales; FAD: fibra ácido detergente corregida por blancos y expresada sin cenizas residuales; <sup>b</sup>Error estándar de las medias (n = 6/tratamiento); <sup>c</sup>Nivel de significancia: contrastes ortogonales FF vs DPM y DPM\_A vs DPM\_F.

En la tabla 5 se describen los resultados de los distintos parámetros ruminales estudiados. Se observa que el valor de pH fue diferente entre tratamientos ( $P=0,005$ ), con diferencias entre horas ( $P=0,001$ ) y no hubo interacción entre los tratamientos y el tiempo. En el tratamiento FF se registraron valores superiores de pH a las DPM, pero entre DPM no hubo diferencias significativas. En la Figura 1 se representa la variación de pH a lo largo del día, de la cual se desprende que en el tratamiento FF no se produjeron grandes cambios. Sin embargo, las DPM generaron una disminución importante del pH, inmediatamente después de la primera ingesta del día (hora 0) que se mantuvo por las primeras dos horas (donde fue significativamente diferente) y posteriormente comenzó a aumentar hasta la hora 12 llegando casi a alcanzar los valores iniciales.

Con respecto a la concentración de AGV, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, pero sí se observaron variaciones en la interacción entre tratamientos y el tiempo (Tabla 5). En la Figura 1 se observa la dinámica de la concentración de AGV a lo largo del día, donde se aprecia que a partir de la primera ingesta de la mañana (hora 0) se produce un aumento de la concentración hasta la hora 2 donde comienza a descender, el FF lo hace lentamente, de forma casi constante durante el día mientras que las DPM lo hacen por aproximadamente 2 horas (hora 4). Donde nuevamente se produce un aumento no tan pronunciado y luego (hora 8) comienza un leve descenso hasta prácticamente llegar a los valores previos a la ingesta.

Cuando discriminamos entre los distintos AGV notamos que el A no presentó diferencias en su concentración entre tratamientos, varió en el tiempo ( $P < 0,001$ ), con interacción tratamiento tiempo ( $P = 0,045$ ). En cuanto al P, se detectó efecto del tratamiento ( $P = 0,010$ ), del tiempo ( $P < 0,001$ ), e interacción entre tratamiento y tiempo ( $P = 0,001$ ). En este caso se observó mayor concentración de P en las DPM ( $P = 0,008$ ), sin diferencias entre DPM. Cuando nos referimos al ácido butírico observamos diferencias entre tratamientos ( $P = ,028$ ), a su vez varió a lo largo del tiempo ( $P < 0,001$ ), con interacción tratamiento x tiempo ( $P < 0,001$ ). Observamos una mayor producción de ácido butírico en las DPM ( $P = 0,009$ ) con respecto al FF, sin registrar diferencias entre ellas.

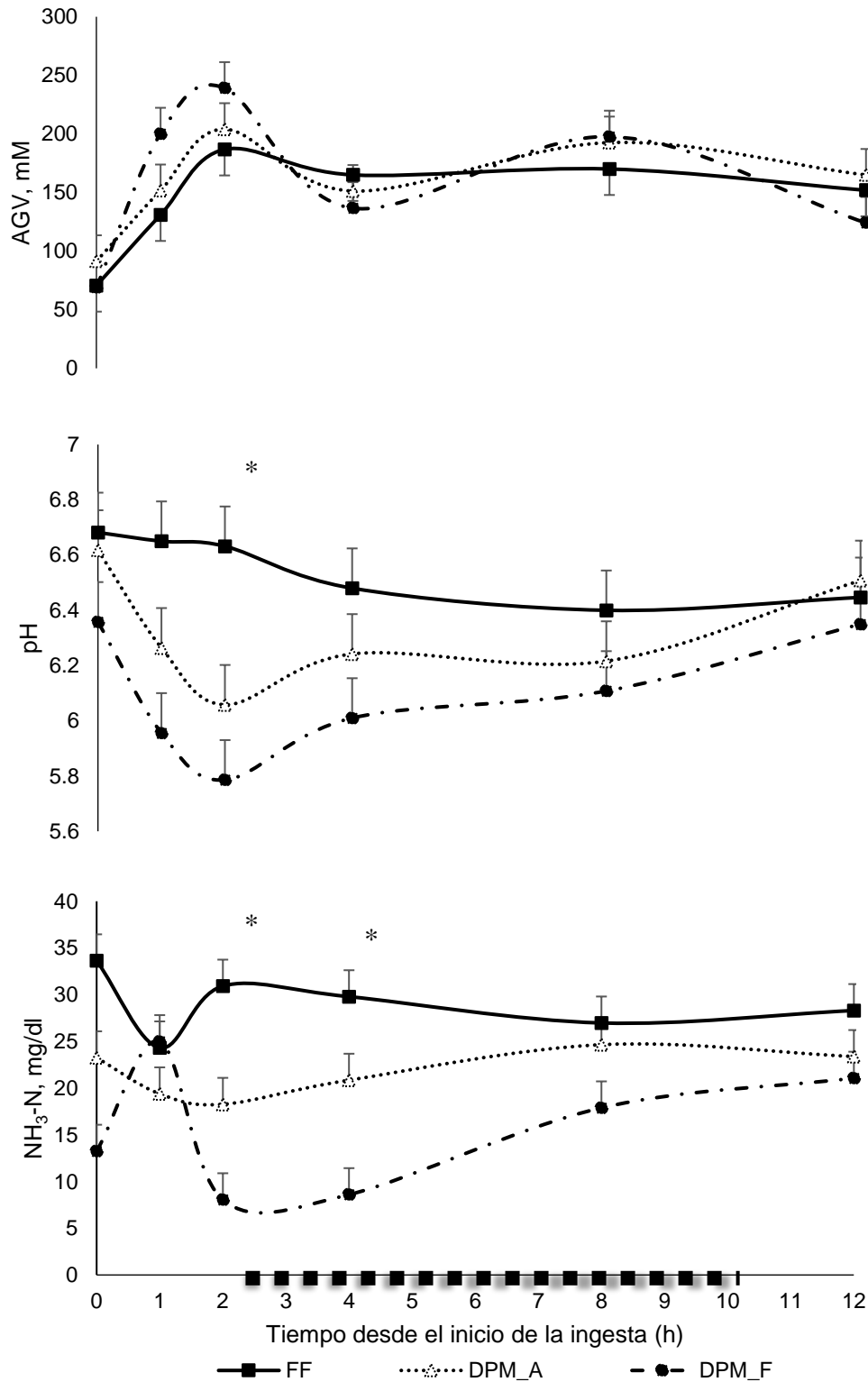
Por otra parte, la relación A:P varió entre tratamientos ( $P < 0,001$ ). Los corderos sometidos al tratamiento FF registraron mayor relación A:P ( $P < 0,001$ ) con respecto a las DPM, mientras que entre las DPM no se detectaron diferencias significativas. Dicha relación varió a lo largo del tiempo ( $P < 0,001$ ), pero no hubo una interacción entre tratamiento y tiempo.

La concentración de N-NH<sub>3</sub> fue diferente entre tratamientos ( $P < 0,001$ ), varió en el tiempo ( $P < 0,001$ ) y presentó interacción tratamiento tiempo ( $P < 0,001$ ). Los corderos alimentados con FF presentaron mayor concentración ruminal de N-NH<sub>3</sub> comparado con los corderos alimentados con las DPM ( $P < 0,001$ ), mientras que DPM\_A presentó mayor concentración ( $P = 0,003$ ) con respecto a DPM\_F. En la Figura 1 se observa que los corderos alimentados con forraje fresco presentaron mayor concentración de N-NH<sub>3</sub> a las 2 y 4 horas de iniciada la oferta de alimento, con respecto a las dietas DPM. Sin observarse diferencias entre DPM.

**Tabla 5.** pH, concentración de ácidos grasos volátiles (AGV), relación acético propiónico (A:P), y concentración de N-NH<sub>3</sub> (mg/dl) en el líquido ruminal de corderos alimentados con forraje fresco (FF), dieta parcialmente mezclada amilácea (DPM\_A) y dieta parcialmente mezclada fibrosa (DPM\_F).

	Tratamientos			EEM <sup>b</sup>	<i>P</i> <sup>c</sup>				
	FF	DPM_A	DPM_F		T	t	T x t	FF vs DPM	DPM_A vs DPM_F
pH	6,49	6,31	6,14	0,07	0,005	0,001	0,267	0,003	0,102
AGV (mM) <sup>a</sup>	146	154	152	9,42	0,796	<0,001	0,003	0,515	0,885
Acético (mM)	100	95,3	85,4	5,32	0,138	<0,001	0,045	0,118	0,199
Propiónico (mM)	31,8	38,9	47,0	3,33	0,010	<0,001	0,001	0,008	0,104
Butírico (mM)	14,3	20,1	19,3	1,59	0,028	<0,001	<0,001	0,009	0,723
A:P	3,24	2,58	2,13	0,16	0,001	<0,001	0,363	<0,001	0,072
N-NH <sub>3</sub>	28,4	21,8	16,1	1,31	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003

<sup>a</sup>Ácidos grasos volátiles (Acético + Propiónico + Butírico); <sup>b</sup>Error estándar de las medias (n =6/tratamiento); <sup>c</sup>Nivel de significancia del tratamiento (T), tiempo en horas (t), interacción tratamiento x tiempo en horas (T x t), contrastes ortogonales FF vs DPM, y DPM\_A vs DPM\_F.



**Figura1.** Dinámica de ácidos grasos volátiles (a), pH ruminal (b) y concentración de N-NH<sub>3</sub> (c) en corderos alimentados con forraje fresco (FF), dieta parcialmente mezclada amilácea (DPM\_A) y dieta parcialmente mezclada fibrosa (DPM\_F) a partir de la primera hora de alimento hora 0 (08:00h). La barra punteada inferior indica el periodo de tiempo en el cual los animales de los tratamientos DPM\_A y DPM\_F accedieron al forraje fresco. Valores medios ± error estándar. \* =  $P \leq 0,05$ .

## 7. DISCUSIÓN

Una de las principales características de los sistemas netamente pastoriles es el bajo consumo de MS comparado con el consumo potencial del animal (Cajarville et al., 2005). Esto se reflejó claramente en nuestros resultados ya que en los animales sometidos al tratamiento FF registramos consumos de 27,2 g MS/Kg PV. Mientras que, en aquellos alimentados con la DPM\_A y la DPM\_F, registramos consumos de 37,9 g MS/Kg PV, compatibles con una ganancia diaria superior a los 250g según NRC (2007). Los bajos consumos de MS observados en los corderos alimentados con FF podrían atribuirse al elevado contenido de agua del forraje ofrecido (786 g/kg de MF), lo que podría contribuir al llenado ruminal limitando la ingestión de alimento (Forbes, 2007). En el caso de los animales alimentados con DPM, el consumo de MS fue superior debido al mayor contenido de MS de la RTM, evidenciando un fenómeno de sustitución (forraje) con adición (RTM).

Los corderos alimentados con FF también consumieron menos N, FND, FAD, almidón y EM, vinculado a su menor consumo de MS total. Estos resultados concuerdan con otros estudios en los que la adición de RTM a animales en pastoreo aumentó no solo el consumo total de MS, sino que también la ingesta de nutrientes (Santana et al., 2016). El consumo total de MS y MO no varió entre DPM, esto es novedoso ya que nos indica que la sustitución de granos de cereales por subproductos fibrosos no afectaría negativamente el consumo. Por lo tanto, es posible utilizar subproductos fibrosos dentro de las DPM como fuentes energéticas. En este caso, incluso se lograron similares consumos de EM con ambas DPM siendo que el consumo de almidón fue significativamente menor en DPM\_F.

En cuanto al ambiente ruminal, el pH fue mayor en FF con respecto a las DPM tal como se esperaba, ya que una de las características de la alimentación a base pastoril es justamente la promoción de la rumia y la mantención de valores elevados de pH. La cinética diurna del pH estuvo relacionada a la dinámica de concentraciones de AGV a lo largo del día. En este sentido, en las primeras dos horas fue cuando observamos diferencias significativas, lo cual coincidió con el momento de la oferta de RTM en los corderos alimentados con DPM. Esto podría deberse a que las RTM contenían mayores niveles de almidón y fibra fermentable, generando una mayor fermentación y una consecuente caída del pH ruminal (Dijkstra et al., 2012).

Es sabido que las pasturas templadas de buena calidad poseen una fibra muy degradable en rumen, que cuando fermenta deriva en una elevada producción de AGV, que puede alcanzar los 165 mM cuando los ovinos pastorean sin restricción de tiempo (Fernandez-Turren, 2020). En este sentido, la concentración de AGV registrada en los animales alimentados con FF (146 mM) fue elevada, lo que indicaría la buena calidad de la pastura. En las DPM, el aporte de fibra proveniente del forraje fue de 46% aproximadamente. Este elevado porcentaje de consumo de fibra proveniente del forraje podría explicar por qué no se observaron diferencias en las concentraciones de AGV entre tratamientos. La mayor relación A:P observada para el tratamiento FF era esperada ya que, como es sabido, existe un predominio de ácido acético en regímenes pastoriles con respecto a las dietas que incluyen concentrados almidonosos como ingredientes (Carberry et al., 2012).

El menor pH ruminal junto con la mayor concentración de propionato y la menor relación A:P en las DPM podría vincularse al mayor consumo de almidón registrado en los animales alimentados con DPM\_A y DPM\_F (7,92 y 3,88 g/Kg PV respectivamente) con respecto a FF (1,91 g/Kg PV). Los principales cambios sobre el ambiente ruminal anteriormente mencionados fueron detectados principalmente durante la administración matutina del

alimento. Esto podría deberse al propio manejo de la alimentación, ya que durante la mañana se les ofrecía el alimento en ayunas. Mientras que en la segunda comida lo consumían después de varias horas de acceso al forraje fresco.

Por otra parte, las pasturas templadas poseen la particularidad de generar altas concentraciones de  $N-NH_3$ , pero en general, no contienen la suficiente energía como para aprovechar todo ese  $N-NH_3$  producido (Cajarville et al., 2012). Esto ha sido reflejado en el presente estudio ya que la concentración de  $N-NH_3$  siempre fue mayor en el tratamiento FF y menor para las DPM, demostrando que la utilización de DPM es una alternativa válida para disminuir las pérdidas amoniacales. A su vez, la diferencia en la concentración de  $N-NH_3$  entre las DPM puede ser interpretada de distintas formas, una de ellas es la diferencia en la tasa de degradación de la proteína de los distintos componentes de la ración. En este sentido, la proteína de la harina de soja (Maxin et al., 2013) y del trigo (Arroyo et al., 2009) presentan alta degradabilidad ruminal, mientras que el subproducto de maíz utilizado en la RTM\_F, debido al contenido de zeína, presentaría una menor degradabilidad ruminal (Romagnolo et al., 1994).

Al analizar la dinámica de concentración amoniacal es llamativo la disminución de la concentración de  $N-NH_3$  en FF durante la primera hora post ingesta, ya que, como fue mencionado, este tipo de pastura contiene una alta proporción de proteína soluble y de rápida degradación. De hecho, la cinética diurna de concentraciones que obtuvimos en el presente estudio se diferencia de la obtenida por Pérez-Ruchel (2006), quien constató un incremento de la concentración de  $N-NH_3$  a partir del comienzo de la ingesta del forraje (hora 0) hasta alcanzar valores máximos a la hora 4. Cabe destacar que, en los corderos alimentados con FF, la concentración de amoníaco a la hora 0 presentaba valores elevados (mayor a 30 mg/dl) lo que podría explicar la diferencia con la dinámica observada por Pérez-Ruchel (2006). A medida que avanzaron las horas en el día observamos que la concentración amoniacal en las DPM aumentó. Esto pudo deberse a la ingesta de la alfalfa que como sabemos contiene proteína muy degradable en rumen, favoreciendo el aumento del nivel de  $N-NH_3$ . Vale destacar que, según Satter et al. (1974), el rango óptimo de concentración ruminal de  $N-NH_3$  es de 5 a 20 mg/dl. Los tres tratamientos superaron en todas las mediciones el valor mínimo, pero DPM\_A y FF estuvieron gran parte del día por encima del valor máximo, lo que indicaría que se produjeron mayores pérdidas de nitrógeno por orina. A su vez, resulta muy relevante la mejora del aprovechamiento del nitrógeno, de manera de utilizar el  $N-NH_3$  en la síntesis de proteína microbiana (Hall et al., 2008). En este sentido, se evaluaron otras variables en este mismo experimento, que no forman parte de este trabajo, pero en general, no se detectaron diferencias significativas en la producción de proteína microbiana ni en el N retenido entre FF y las DPM. Sin embargo, la sustitución de granos de cereales por subproductos fibrosos en la RTM provocó mayor excreción de N fecal, menor cantidad de N urinario y una menor retención de N. Esto podría estar asociado a las diferencias en la degradabilidad ruminal de las distintas fuentes de proteína y al mayor contenido NIDN en la RTM\_F.



## **8. CONCLUSIONES**

La oferta de forraje fresco combinado con RTM llevó a un aumento del consumo permitiendo superar las restricciones relacionadas al bajo contenido de materia seca de la pastura, y a una mejora del ambiente ruminal asociado a una reducción en la concentración de N-NH<sub>3</sub>.

La inclusión de subproductos fibrosos en la RTM logró resultados similares en cuanto al consumo de MS y al ambiente ruminal con respecto a los granos de cereales.

Por lo tanto, se concluye que la utilización de dietas parcialmente mezcladas con granos de cereales o subproductos fibrosos mejoró los resultados finales en comparación con la dieta estrictamente pastoril, más allá de la fuente de energía utilizada en las RTM.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adams RF, Jones RL, Conway PL (1984) High performance liquid chromatography of microbial acid metabolites. *Journal of Chromatography* 1 (336): 125–137.
2. Aguerre M, Cajarville C, Kozloski GV, Repetto JL (2013) Intake and digestive responses by ruminants fed fresh temperate pasture supplemented with increased levels of sorghum grain: A comparison between cattle and sheep. *Animal Feed Science and Technology* 1-2 (186): 12-19.
3. Aguerre M, Repetto JL, Pérez-Ruchel A, Mendoza A, Pinacchio G, Cajarville C (2009) Rumen pH and NH<sub>3</sub>-N concentration of sheep fed temperate pastures and supplemented or not with sorghum grain. *South African Journal of Animal Science* 1 (39): 246-250.
4. Aloueedat MK, Belal SO, Awawdeh MS (2019) Effects of Partial Replacement of Conventional with Alternative Feeds on Nutrient Intake, Digestibility, Milk Yield and Composition of Awassi Ewes and Lambs. *Animals* 9 (9): 684.
5. Amaral GA, Kozloski GV, Santos AB, Castagnino, DS (2011) Metabolizable protein and energy supply in lambs fed annual ryegrass (*Lolium multiflorum Lam.*) supplemented with sources of protein and energy. *Journal of Agriculture Science* 4 (149): 519-527.
6. Arroyo JM, González J, Rodríguez CA, Alvir MR, Ouarti M (2009) *In situ* evaluation of the protein value of wheat grain corrected for ruminal microbial contamination. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 4 (89): 731–734.
7. Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2000) Official methods of analysis of AOAC. International 17<sup>th</sup> edition. United States of America (Gaithersburg, MD), Association of Analytical Communities.
8. Bach A, Calsamiglia S, Stern MD (2005) Nitrogen Metabolism in the Rumen. *Journal of Dairy Science* (88): 9-21
9. Bargo F, Muller LD, Delahoy JE, Cassidy TW (2002) Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of Dairy Science* 7 (85): 1777-1792.
10. Bargo F, Muller LD, Varga GA, Delahoy JE, Cassidy TW (2002) Ruminal digestion and fermentation of high-producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science* 11 (85): 2964–2973.
11. Bianchi G (2012). Tecnologías para la carne ovina de calidad como alternativa al cordero pesado, sub-producto del sistema lanero. *Veterinaria (Montevideo)* 1(48): 19-27.
12. Bianchi G (2014). Confinamiento de corderos. INIA Serie Técnica N° 221: 113-125.
13. Bianchi G, Garibotto G, Fernández ME, Bentancur O (2007) Engorde y terminación de corderos (machos criptórquidos y hembras) pesados y superpesados en confinamiento. *Producción Ovina* (19): 81-82.
14. Broderick GA, Wallace JR (1988) Effect of Dietary Nitrogen Source on Concentration of Ammonia, Free Amino Acids and Fluorescamine reactive Peptides in Sheep Rumen. *Journal of Animal Science* (66): 2233-2238
15. Cabrera A, Rojas P, Rentería I, Serrano A, López M (2007). Influencia de la suplementación sobre la ganancia de peso y calidad de la canal en borregos Dorper/katahdin. *Revista UDO Agrícola* 7 (1): 245-251.
16. Cajarville C, Mendoza A, Santana A, Repetto JL (2012) En tiempos de intensificación productiva... Cuánto avanzamos en el conocimiento de los nuevos sistemas de alimentación de la vaca lechera?. *Veterinaria (Montevideo)* 1(48): 35-39.
17. Cajarville C, Repetto JL (2005) Uso de concentrados para optimizar el aprovechamiento digestivo de pasturas. *Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay*, p. 121-128.

18. Carberry CA, Kenny DA, Han S, McCabe MS, Waters SM (2012) Effect of phenotypic residual feed intake and dietary forage content on the rumen microbial community of beef cattle. *Applied and Environmental Microbiology* 14(78): 4949-4958.
19. Cerrato M, Calsamiglia S, Ferret A (2005) Efectos del tiempo a pH subóptimo sobre la fermentación microbiana ruminal en cultivo continuo. XI Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza, Spain, 11-12 Mayo, 2005 (Volúmenes I & II) pp.623-625.
20. Charlton GL, Rutter SM, East M, Sinclair LA (2011) Effects of providing total mixed rations indoors and on pasture on the behavior of lactating dairy cattle and their preference to be indoors or on pasture. *Journal of Dairy Science* 8 (94): 3875-3884.
21. De Blas C, Rebollar PG (2012) Tablas FEDNA I. Información Complementaria. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/81-tablas\\_fedna\\_revision.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/81-tablas_fedna_revision.pdf) Fecha de consulta: 14-09-20.
22. De Barbieri I, Montossi F (2013) Tecnologías de engorde de corderos pesados sobre pasturas cultivadas en Uruguay. Montevideo: INIA. Serie técnica 206 p 244.
23. Dedeckere EAM, Korver O, Verschuren PM, Katan MB (1998) Health aspects of fish and n-3 polyunsaturated fatty acids from plant and marine organism. *European Journal of Clinical Nutrition*, (52): 749-753.
24. DIEA (2019) Anuario estadístico agropecuario. 2019. Montevideo, Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, Dirección de Estadísticas Agropecuarias Uruguay. Disponible en [Anuario Estadístico de DIEA 2019 | Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca \(www.gub.uy\)](http://www.gub.uy) Fecha de consulta: 14-09-20.
25. DIEA (2015) Anuario estadístico agropecuario. 2015. Montevideo, Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, Dirección de Estadísticas Agropecuarias Uruguay. Disponible en [Anuario Estadístico de DIEA 2015 | Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca \(www.gub.uy\)](http://www.gub.uy) Fecha de consulta: 14-06-20.
26. Dijkstra J, Ellis JL, Kebreab E, Strathe AB, López S, France J, Bannink A (2012) Ruminant pH regulation and nutritional consequences of low pH. *Animal Feed Science and Technology* 1-2(172): 22-23.
27. Durand M, Dumay C, Beaumatin P, Morel MT (1988) Use of the rumen simulation technique (Rusitec) to compare microbial digestion of various by-products. *Animal Feed Science Technology* 2-4 (21):197-204.
28. Ellison MJ, Conant GC, Lamberson WR, Cockrum RR, Austin KJ, Rule DC, Cammack KM (2017) Diet and feed efficiency status affect rumen microbial profiles of sheep. *Small Ruminant Research* 2(156): 12-19.
29. Felix TL, Loerch SC, (2011) Effects of haylage and monensin supplementation on performance, carcass characteristics, and ruminal metabolism of feedlot cattle fed diets containing 60% dried distillers grains. *Animal Society of Animal Science* 8 (89): 2614-2623.
30. Felix TL, Zerby HN, Moeller SJ, Loerch SC (2012) Effects of increasing dried distillers grains with solubles on performance, carcass characteristics, and digestibility of feedlot lambs. *Journal of Animal Science* 4 (90): 1356-1363.
31. Fernandez-Turren G, Repetto JL, Arroyo JM, Pérez-Ruchel A, Cajarville C (2020) Lamb Fattening Under Intensive Pasture-based Systems: A Review. *Animals* 3(10): E382.
32. Fonnesbeck PV, Christiansen ML, Harris LE (1981) Linear models for calculating digestible energy for sheep diets. *Journal of Animal Science* 5 (52): 1183-1196.
33. Forbes MJ (2007) A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: minimal total discomfort. *Nutrition Research Reviews* 2 (20): 132-146.

34. Garrett, WN, Meyer JH, Lofgreen GP (1959) The Comparative Energy Requirements of Sheep and Cattle for Maintenance and Gain<sup>1</sup>. *Journal of Animal Science* 2(18): 528–547.
35. Gill M (1979) The principles and practice of feeding ruminants on complete diets. *Grass and Forage Science* 3 (34): 155-161.
36. Hall MB, Chase LE (2014) Responses of late-lactation cows to forage substitutes in low-forage diets supplemented with byproducts. *Journal of Dairy Science* 5 (97): 3042–3052.
37. Hall MB, Huntington GB (2008) Nutrient synchrony: Sound in theory, elusive in practice. *Journal of Animal Science* 14 (86): 287-292.
38. Hanson GD, Cunningham LD, Morehart MJ, Parson RL (1998) Profitability of Moderate Intensive Grazing of Dairy Cows in the Northeast. *Journal of Dairy Science* 3 (81): 821–829.
39. Huntington GB, Archibeque SL (1999) Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. *Journal of Animal Science* 78 (E suppl) Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/228474751\\_Practical\\_aspects\\_of\\_urea\\_and\\_ammonia\\_metabolism\\_in\\_ruminants/link/02e7e53735877b558f000000/download](https://www.researchgate.net/publication/228474751_Practical_aspects_of_urea_and_ammonia_metabolism_in_ruminants/link/02e7e53735877b558f000000/download) Fecha de consulta: 24-09-20.
40. Jung HG, Allen MS (1995) Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science* 9 (73): 2774-2790.
41. Karnezos T, Matches A, Brown C (1994) Spring lamb production on alfalfa, sainfoin, and wheatgrass pastures. *Agronomy Journal* 3 (86): 497-502.
42. Kleen JL, Hooijer GA, Rehage J, Noordhuizen JPTM (2003) Subacute Ruminant Acidosis (SARA): A Review. *Journal of Veterinary Medicine* 8 (50): 406-414.
43. Klopfenstein TJ, Erickson GE, Bremer BR (2008) Board-Invited Review: Use of Distillers By-Products in the Beef Cattle Feeding Industry. *Journal of Animal Science* 5 (86):1223–1231.
44. Kristensen NB, Gabel G, Pierzynowski SG, Danfer A (2000) Portal recovery of short-chain fatty acids infused into the temporarily-isolated and washed reticulorumen of sheep. *British Journal of Nutrition* 4 (84): 477-482.
45. Kolver E (2003) Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proceedings of the Nutrition Society* 2 (62): 291–300.
46. Krause KM, Oetzel GR (2006) Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology* 3-4(126): 215-236.
47. Lourenço M, Van Ranst G, Vlaeminck B, De Smet S, Fievez V (2008) Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta as well as ruminant meat and milk. *Animal Feed Science Technology* (145): 418-437.
48. Lee MA (2018) A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. *Journal of plant research* (131): 641-654
49. Maekawa M, Beauchemin KA, Christensen A (2002) Effect of Concentrate Level and Feeding Management on Chewing Activities, Saliva Production, and Ruminant pH of Lactating Dairy Cows. *American Dairy Science Association* 5 (85): 1165–1175.
50. Maxin, G, Ouellet DR, Lapierre H (2013) Ruminant degradability of dry matter, crude protein, and amino acids in soybean meal, canola meal, corn, and wheat dried distillers grains. *Journal of Dairy Science* 8 (96): 5151–5160
51. Maynard LA, Loosli JK, Hintz HF, Werner RG (1981). *Nutrición Animal*. 4ª ed. México, McGraw Hill, 640 p.
52. McCleary BV, Solah V, Gibson TS (1994) Quantitative measurement of total starch in cereal flours and products. *Journal of Cereal Science* 1 (20): 51-58.
53. Mendoza A, Cajarville C, Repetto JL (2016) Intake, milk production and milk fatty acid profile of dairy cows fed diets combining fresh forage with a total mixed ration. *Journal of Dairy Science* 3 (99): 1938–1944.

54. Mowrey A, Eilersierck MR, Spain JN (1999) Effect of fibrous by-products on production and ruminal fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 12 (82): 2709-2715.
55. National Research Council (NRC) (2007) Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids and new world camelids. Washington, National Academies, 362 p.
56. Nuernberg K, Fischer A, Nuernberg G, Ender K, Dannenberger D (2008) Meat quality and fatty acid composition of lipids in muscle and fatty tissue of Skudde lambs fed grass versus concentrate. *Small Ruminant Research* 1-3 (74): 279-283.
57. Orcasberro R, Carámbula M, Vaz Martins D, Indarte E (1997) R, Suplementación y performance de ovinos y vacunos alimentados con forraje. *INIA Serie Técnica N°13* p 225-238.
58. Owens FN, Hill WJ, Gill DR (1998) Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science* (76): 275-286.
59. Pérez-Ruchel A (2006) pH, amoníaco, ácidos grasos volátiles y producción de proteína microbiana en rumen de corderos, según el horario de corte de la pastura consumida. Tesis de grado. Facultad de veterinaria, Universidad de la República, 36 p.
60. Pérez-Ruchel A, Repetto JL, Cajarville C (2017) Supplementing high quality fresh forage to growing lambs fed a total mixed ration diet led to higher intake without altering nutrient utilization. *Animal* 12 (11): 2175-2183.
61. Piaggio L (2013) Suplementación de la recría y engorde de ovinos sobre campo natural. Seminario de Actualización Técnica: Producción de carne ovina de calidad. Montevideo. INIA. Serie Actividades de Difusión 719 p: 41 – 45.
62. Piaggio L (2010) Suplementación y engorde a corral. Resultados, desafíos. Necesidades de Investigación. *Agrociencias* 14 (3): 77-81.
63. Rabaza A, Banchemo G, Cajarville C, Zunino P, Britos A, Repetto JL, Fraga M (2019) Effects of feed withdrawal duration on animal behaviour, rumen microbiota and blood chemistry in feedlot cattle: implications for rumen acidosis. *Animal* 1 (14): 66-77.
64. Rivas M, Herrera R, Santos R, Herrera A, Escalera F, Martínez S (2017) Bagazo húmedo de cervecería como sustituto de cereales en la suplementación de ovinos. *Abanico Veterinario* 3 (7):21-29.
65. Romagnolo D, Polan CE, Barbeau WE (1994). Electrophoretic Analysis of Ruminal Degradability of Corn Proteins. *Journal of Dairy Science*, 4 (77): 1093–1099.
66. Santana A, Cajarville C, Mendoza A, Repetto JL (2016) Combination of legume-based herbage and total mixed ration (TMR) maintains intake and nutrient utilization of TMR and improves nitrogen utilization of herbage in heifers. *Animal* 4 (11): 616-624.
67. Satter LD, Slyter LL (1974) Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British Journal of Nutrition* 2 (32): 199-208.
68. Schauer CS, Stamm MM, Maddock TD, Berg PB (2008) Feeding dried distillers grains with solubles as 60 percent of lamb finishing rations results in acceptable performance and carcass quality. *Sheep & Goat Research Journal* (23): 15-19.
69. Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russell JB (1992) A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science* 11(70) 3562–3577.
70. Tebot I, Cajarville C, Repetto JL, Cirio A (2012) Supplementation with nonfibrous carbohydrates reduced fiber digestibility and did not improve microbial protein synthesis in sheep fed fresh forage of two nutritive values. *Animal* 6 (4): 617-623.
71. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 10 (74): 3583–3597.

72. Van Soest, P.J. (1994) Nutritional ecology of the ruminant. 2<sup>a</sup> ed. Ithaca, Cornell University, 476 p.
73. Weatherburn MW (1967) Phenol-Hypochlorite reaction for determination of ammonia. Analytical Chemistry 8 (39): 971–974.