

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**EFFECTO DE LA ALIMENTACION CON FORRAJE FRESCO, RTM O RPM
SOBRE EL CONSUMO DE MATERIA ORGÁNICA Y LA FERMENTACIÓN
RUMINAL EN VAQUILLONAS DE RAZA CARNICERA**

por

ARELLANO PERDOMO, Diver Lorena
MORALES CAMILO, Mariana Soledad
LOPEZ DOMINGUEZ DE FREITAS, Robert Fernando

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
2014**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:

DCV. MSc. Analía Pérez Ruchel

Segundo miembro (Tutor):

DCV. MSc. Álvaro Santana

Tercer miembro:

DCV. MSc. Sebastián Brambillasca

Cuarto miembro:

DMTV. PhD. Cecilia Cajarville

Fecha: 27 de Octubre de 2014

Autores:

Br. Lorena Arellano

Br. Mariana Morales

Br. Fernando López

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecerle y dedicarle esta tesis a Álvaro, nuestro tutor, ya que su invaluable dedicación, motivación y apoyo fueron muy importantes durante la realización de este trabajo.

A nuestra co-tutora Cecilia Cajarville por sus aportes y experiencia.

También quisiéramos agradecerle a la Facultad de Veterinaria y todos los profesores por nuestra formación como profesionales, a las funcionarias Leticia de bedelía y Rosina de biblioteca por brindarnos su tiempo.

A los integrantes del Laboratorio de Nutrición Animal, del departamento de Bovinos y del campo experimental N° 2 de Libertad por ayudarnos en la parte experimental de la tesis.

A nuestros amigos por el apoyo de siempre y a nuestros compañeros de carrera por todos los momentos de estudio compartidos.

Por último, queremos dedicarles este trabajo y agradecerles a nuestras familias, por darnos la oportunidad de estudiar y formarnos como personas. Por apoyarnos en los momentos difíciles de la carrera y disfrutar con nosotros los buenos momentos.

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE ABREVIATURAS.....	7
1. RESUMEN	8
2. SUMMARY.....	9
3. INTRODUCCIÓN	10
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	11
4.1 RECORDATORIO FISIOLÓGICO DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL	11
4.2 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN	12
4.3 EFECTOS DEL TIPO DE DIETA SOBRE EL CONSUMO DE MODI Y EL AMBIENTE RUMINAL	14
5. HIPÓTESIS.....	16
6. OBJETIVOS.....	16
6.1 OBJETIVO GENERAL	16
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
7. MATERIALES Y MÉTODOS	17
7.1 ANIMALES Y ALIMENTOS.....	17
7.2 MUESTREO, DETERMINACIONES Y CÁLCULOS.....	19
7.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	20
8. RESULTADOS.....	22

9. DISCUSIÓN	26
10. CONCLUSIONES.....	29
11. BIBLIOGRAFÍA.....	30

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

	Página
Tabla 1. Composición de la RTM (% de inclusión en base seca).....	18
Tabla 2. Composición química (media \pm EEM) del forraje fresco, la RTM y los alimentos utilizados como ingredientes de la RTM	18
Tabla 3. Valores medios de pH, concentración total y perfil de AGV, concentración de N-NH ₃ y valores medios de MODI en vaquillonas alimentadas con RTM,RPM o FF.....	23
Figura 1. Esquema del protocolo experimental: A. Duración total y distribución de cada período; B. Frecuencia de mediciones en cada período.....	20
Figura 2. Variación diaria promedio de pH para los tres períodos en vaquillonas de carne alimentadas con RTM, RPM y FF.....	24
Figura 3. Variación diaria promedio de N-NH ₃ para los tres períodos en vaquillonas de carne alimentadas con RTM, RPM y FF.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS

AGV: ácidos grasos volátiles

A: ácido acético

P: ácido propiónico

B: ácido butírico

CO₂: dióxido de carbono

FF: forraje fresco

FND: fibra neutro detergente

hs: horas

m.o.: microorganismos

M: molar

MO: materia orgánica

MODI: materia orgánica digestible ingerida

MS: materia seca

N: nitrógeno

N-NH₃: nitrógeno amoniacal

NNP: nitrógeno no proteico

RPM: ración parcialmente mezclada

RTM: ración totalmente mezclada

1. RESUMEN

El propósito del presente trabajo fue evaluar el efecto de una dieta de ración parcialmente mezclada (**RPM**) sobre el consumo de materia orgánica digestible ingerida (MODI) y el ambiente ruminal (pH, N-NH₃, AGV), respecto a dietas ración totalmente mezclada (**RTM**) o de forraje fresco (**FF**), en vaquillonas de raza carnífera. Se utilizaron 9 vaquillonas de raza carnífera y cruza con un peso de 214 ± 18 kg de PV, con 18 meses de edad, alojados en bates individuales, con su respectivo comedero y bebedero. Se utilizó un diseño de cuadrado latino de 3x3 por triplicado. Los animales fueron sometidos a tres tratamientos: (FF) accediendo a Forraje Fresco 24 hs; (RTM) acceso a ración totalmente mezclada las 24 hs y (RPM) con acceso a 18hs de RTM y 6hs de FF. Cada período experimental duró 18 días, con 10 días de acostumbramiento y 8 de mediciones. A las 10 hs se retiraba el excedente de alimento del día anterior y se ofrecía alimento fresco, forraje o RTM según corresponda. En el tratamiento RPM, de 13 a 19 hs los animales tuvieron acceso a la pastura sin tener acceso a la RTM. Se calculó la MODI. El día 3 de cada periodo se tomó muestras a cada hora durante 24 horas de contenido ruminal para determinar la cinética de pH y N-NH₃. Se determinó la concentración de AGV y su perfil. Los datos fueron analizados utilizando el PROC MIXED (SAS), se tuvieron en cuenta los efectos período, tratamiento y hora. En el tratamiento RPM, con 6h de acceso al forraje fresco, las vaquillonas ingirieron un 29% de la MO total consumida proveniente del forraje fresco. En la RPM, el consumo de MO se incrementó, llevando a una mayor producción de AGV, sin diferir en el perfil de los mismos, lo que tuvo un impacto positivo en el balance de las dietas. Adicionalmente la RPM no disminuyó los valores de amoníaco ruminal respecto a la dieta forraje fresco y no tuvo grandes oscilaciones de pH respecto a la RTM.

Palabras claves: estrategias de alimentación, consumo MODI, ambiente ruminal.

2. SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the effect of partial mixed ration (PMR) diet on the digestible organic matter intake (DOMI) and the rumen environment (pH, N-NH₃, VFA) regarding total mixed ration (TMR) or fresh forage (FF) diets in beef heifers. 9 18 months old - 214 ± 18 kg of LW beef heifers were used, housed in individual stock pen with their respective feeder and drinker. The design corresponded to a Latin square 3x3 in triplicate. The animals were subjected to three treatments: (FF) accessing Fresh forage 24 hours; (TMR) access to total mixed ration 24 hours; (PMR) with access 18 hours to RTM and 6 hours to FF. Each experimental period lasted 18 days, 10 days for habituation and 8 to measurements. Food was removed 10 hours after being offered and changed for fresh food, forage or TMR as appropriate. In the PMR treatment from 13 to 19 hours animals had access to pasture without access to TMR. DOMI consumption was calculated. On day 3 of each period Ruminal content samples were taken every hour for 24 hours to determine pH kinetic and N-NH₃. VFA concentration and its profile were determined. Data were analyzed using PROC MIXED (SAS), periods, treatment and time effects were taken into account. The RPM treatment, with 6h access to fresh forage, heifers consumed 29% of the total DM from the fresh forage. In RPM, OM consumption and production of VFA increased, without differing profile of them. Additionally, RPM does not decrease ruminal ammonia values relative to fresh forage diet and had no large swings in pH relative to the RTM.

Keywords: feeding strategies, DOMI intake, ruminal environment.

3. INTRODUCCIÓN

Del stock bovino mundial, el 24% se encuentra en los países integrantes del MERCOSUR, esto equivale a 240 millones de bovinos (Caputi y Méndez, 2010). En el Uruguay la ganadería ocupa el 61,8% (10.150 miles de has) de la superficie total del país, el rubro agrícola el 14,3% (2.343 miles de has) y la lechería el 4,5% (741 miles de has) según datos de MGAP-DIEA (2013). La intensificación de los sistemas productivos es una alternativa para mejorar la productividad y la rentabilidad de las empresas agropecuarias, siendo necesarias la innovación y adopción de tecnologías, que deberán implementarse en un marco de conservación de los recursos naturales y el medio ambiente.

La alimentación del ganado es un aspecto clave de la producción ya que es responsable de gran parte de la respuesta productiva de los animales y representa un porcentaje importante de los costos de producción. Los sistemas de alimentación han cambiado conforme se intensifican los sistemas de producción. En las zonas templadas del mundo, las pasturas templadas son un recurso alimenticio ampliamente utilizado, el cual presenta ventajas económicas, medioambientales y nutraceuticas, pero también limitantes para explotar la máxima producción de animales de alto mérito genético. Por otro lado las raciones totalmente mezcladas (RTM) son un tipo de alimentación ampliamente difundido en las explotaciones ganaderas intensivas del hemisferio norte y permiten obtener altos consumos de nutrientes y por tanto mejores producciones por animal. Por último y recientemente, las dietas que combinan el consumo de RTM y pastura se denominan raciones parcialmente mezcladas (RPM) (Bargo y col., 2002a) y la implementación de estas dietas busca capitalizar las ventajas de ambos alimentos generando dietas más económicas, con adecuadas respuestas productivas, contribuyendo a la sustentabilidad (económica, ambiental y social) de los sistemas productivos.

El consumo y la eficiencia con que son utilizados los nutrientes son dos aspectos claves en la performance productiva de los animales. En los rumiantes los procesos de fermentación en el rumen pueden condicionar la utilización de los nutrientes. En este trabajo se estudia el consumo de materia orgánica y las principales variables de la fermentación ruminal en vaquillonas de carne alimentadas con una dieta de forraje fresco, ración totalmente mezclada o ambos. El estudio de cómo se interrelacionan estos alimentos y la comprensión de los procesos de fermentación ruminal contribuirá a establecer estrategias de alimentación para obtener los mayores beneficios productivos.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 RECORDATORIO FISIOLÓGICO DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL

El rumen actúa como una cámara de fermentación, a través de la simbiosis establecida entre los microorganismos ruminales (m.o.) y el rumiante. Estos m.o. realizan procesos complejos de descomposición de los alimentos ingeridos que le sirven de sustrato y generan sustancias que pueden ser aprovechadas por el rumiante. La fermentación ruminal es un proceso que involucra la conversión de materias primas fermentables en ácidos orgánicos, gases y nitrógeno amoniacal (N-NH₃) por parte de la biomasa microbiana (Kozloski, 2002).

Las condiciones medioambientales del rumen, básicamente el pH, la concentración de N-NH₃ y la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) son consecuencia de múltiples factores. Éstas pueden simplificarse en dos grandes aspectos, en primer lugar, la interacción entre los sustratos presentes, los m.o. actuantes y la actividad de sus enzimas, y por otro lado el mecanismo de absorción al medio interno o pasaje a partes posteriores del tracto digestivo. El pH ruminal está asociado a la ingesta de alimento y a los períodos de rumia (Hinostroza 2004), siendo más bajo cuando la ingesta de materia seca (MS) de alta digestibilidad es mayor (Wales y col., 2004), y provoca una mayor fermentación ruminal, por lo tanto mayor producción de CO₂ y de AGV, siendo estos últimos son los principales responsables de la acidificación ruminal (Kolver y de Veth, 2002). El pH ruminal debe permanecer dentro de valores que permitan una adecuada digestión de los forrajes (6,7 ± 0,5) según Van Soest.

La mayor parte de los carbohidratos del alimento son fermentados, teniendo como intermediario al piruvato para este proceso del metabolismo microbiano y da lugar a la producción de AGV de cadena corta principalmente: acético (A), propiónico (P) y butírico (B). (Rearte, 1992; Van Soest, 1994). En general las dietas en base de forraje producen menos cantidad de AGV en comparación a dietas en base de granos (almidón). Por lo general la adición de concentrados a las dietas forrajeras, causan una disminución en la concentración del A, que es compensada con un aumento de los ácidos P y B (Zabaleta de Lucio, 1976), debido a que el almidón favorece la formación de P y al ser rápidamente fermentecibles en rumen producen menos cantidad de A (Balch y Rowland, 1957).

La producción de AGV es una función de crecimiento microbiano y puede disminuir entre pH 5,7 y 5,5 donde predomina el ácido láctico. En el rango de pH 7 a 5,8 se produce más crecimiento microbiano y producción de AGV a medida que el valor disminuye, como lo demuestran de Veth y Kolver (2001) y Russell (1998) en sus experimentos. Estos AGV son un producto secundario de la fermentación para los m.o., pero para un rumiante representan los principales sustratos energéticos, pudiendo proporcionar hasta un 80 % de la energía diaria requerida por los mismos. La concentración de AGVs en el líquido ruminal varía de 70 a 130 mmol/l (Bergman, 1990). La cantidad y perfil de AGV formado en el rumen depende de la dieta (Annison y Lewis, 1966) y varían con el tiempo posterior a la ingesta. Cuando el alimento es en base a concentrados el pico de concentración de AGV es en torno a

las 2 a 3 horas post ingesta, mientras que para los forrajes ocurre entre las 4 a 5 horas post ingesta (Kozloski, 2002). El A es el que predomina sobre P y B, el primero representa un 66,8% del total de los AGV, (mín.: 39,3%, máx.: 79,1%) y su formación está originada a partir de los m.o. y tienen como principal intermediario al piruvato producido de la fermentación ruminal; el P representa un 21,7%, (mín.: 11%, máx.: 47%) y su formación puede ser posible por dos rutas diferentes, una del succinato y otra del acrilato, mientras que el B tiene una media del 10% (mín.: 4,4%, máx.: 20%) y es producido en base a la condensación inicial de dos moléculas de acetil- CoA (Noziere y col., 2011; Kozloski, 2002).

Con respecto a la digestión de las proteínas en el rumen, los m.o. son capaces de utilizar fuentes de nitrógeno proteico (aminoácidos y péptidos) y nitrógeno no proteico (NNP) como el N-NH₃ y la urea, para sintetizar proteína microbiana. La mayoría de las bacterias ruminales poseen la capacidad de asimilar y emplear el N-NH₃ como única fuente de la proteína, cuando los péptidos o aminoácidos presentes en el líquido ruminal son escasos (Van Soest, 1994). La degradabilidad ruminal del nitrógeno (N) varía entre los diferentes alimentos ingeridos. Los compuestos nitrogenados que llegan al abomaso e intestino delgado con la ingesta pueden ser variables, y están representados por el N del alimento no degradado en el rumen, N microbiano y N de origen endógeno, presente en las secreciones gástricas e intestinales.

La mayor parte de los compuestos nitrogenados que llegan al rumen son degradados por los m.o. liberando N-NH₃. Se ha reportado un nivel crítico de 5 mg de N-NH₃ por decilitro (dL) como mínimo para el desarrollo de los m.o. (Satter y Slyter, 1974; Clark y col., 1992). Una parte del N-NH₃ que no es incorporado a los compuestos nitrogenados microbianos pasando a la circulación porta (Kozloski, 2002). De la proteína microbiana, cerca del 80% es representada por proteína verdadera y el 20% por ácidos nucleicos. Existe en los rumiantes un ciclo de la urea que forma parte de los procesos digestivos normales y que mueve cantidades importantes de N para la reutilización en el rumen y posterior síntesis de proteína microbiana. Este ciclo N-NH₃ - urea puede modificarse por deficiencias de N alimentario o de altos requerimientos de proteína durante los períodos productivos (Rodríguez y col., 1996; Tebot y col., 1998). Parte del N-NH₃ del líquido ruminal que no es utilizado por los m.o. se absorbe a través de la pared ruminal hacia la sangre (Preston y Leng, 1990). Reynolds y Kristensen (2008) estimaron que la absorción de N-NH₃ hacia el sistema porta representa hasta el 49% del N consumido. Esto es importante sobre todo en condiciones de pastoreo de forrajes con alto contenido de proteína y de NNP que resulta en altos niveles de N-NH₃ en rumen (Annison y Bryden, 1999). El N-NH₃ difunde vía sanguínea, va al hígado y se transforma en urea, una parte de ésta, formada en el hígado se elimina con la orina y otra parte va a través de la saliva al retículo-rumen y por difusión directa a partir de la sangre que irriga la pared de los pre-estómagos. La urea que viene de la sangre se hidroliza a N-NH₃ y dióxido de carbono (CO₂).

4.2 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN

Los sistemas intensivos y semi-intensivos de producción bovina ubicados en regiones con ventajas comparativas para producir pasturas templadas, han utilizado

históricamente forrajes para la alimentación animal, los cuales presentan bajo costo en relación a los nutrientes aportados y menor impacto sobre el medio ambiente (Peyraud y Delaby, 2001). En el Uruguay se utilizan pasturas templadas, generalmente las C3, las cuales poseen buena digestibilidad y alto contenido de proteína, y dentro de estas se encuentran por ejemplo la alfalfa, el raygrass y el lotus. Con la ingesta de estas pasturas el rumiante sintetiza altos niveles de ácido linoleico conjugado (potente anti-cancerígeno), por lo tanto, los productos derivados de los animales alimentados con éstas, son potenciales alimentos nutraceuticos para el consumo humano (Rushen y col., 2008). El uso de pasturas templadas aporta fibra de alta degradabilidad ruminal, variable según la pastura y fracciones nitrogenadas. (Hoffman y col., 1993; Elizalde y col., 1999; Bargo y col., 2003; Repetto y col., 2005). A pesar de ello, las pasturas templadas presentan algunas desventajas, como la alta variabilidad en el volumen y composición química fundamentalmente de las fracciones fibrosas a lo largo del ciclo productivo, lo que constituye una limitante en el balance de nutrientes. Se ha señalado que el consumo de MS, MO y energía particularmente son las principales limitantes para explotar el potencial productivo de los animales cuando se alimenta solo con pasturas templadas (Kolver, 2003). Estas limitantes al consumo de MO se han relacionado al nivel de digestibilidad de la fibra y el ambiente ruminal en que se desarrolla el proceso de fermentación (Oba y Allen MS, 1999). Otra desventaja son los costos de energía que están vinculados a las caminatas, búsqueda y cosecha de las pasturas por parte del animal (Kolver, 2003).

La RTM, es una mezcla habitualmente compuesta por forrajes conservados (ensilajes o fardos), alimentos concentrados (granos y subproductos) y aditivos que cubren las necesidades de los animales (Gill, 1979). El uso de este sistema de alimentación comenzó a utilizarse en los Estados Unidos alrededor de los años 50 y actualmente se considera el más popular en ese país, Canadá y algunos países de Europa. Sin embargo, en nuestro país se ha incorporado en los últimos años. Una de las principales ventajas del uso de la RTM es que permite ofrecer una dieta completa y balanceada a los requerimientos específicos de un animal (especie, categoría, etc.), disminuyendo o anulando la capacidad de selección de los alimentos por parte de los animales, lo que contribuye a maximizar el consumo de nutrientes (Elizondo, 2005). Dentro de las desventajas que presenta el uso de la RTM encontramos los efectos negativos que ocasiona al medio ambiente como la polución por ejemplo, además el costo atribuible a maquinaria necesaria para brindarle el alimento al animal (Hanson y col., 1998; Soder y Rotz, 2001). El uso de este sistema, llevaría no sólo a la pérdida de las ventajas competitivas que tiene el pasto para producir alimentos a bajo costo, sino que también produciría el alejamiento de los mercados diferenciados que buscan productos alimenticios de rumiantes alimentados sobre pasturas templadas.

Recientemente se han propuesto dietas que combinan el uso de RTM y pastura, estos sistemas se conocen como RPM, debido a que la pastura no es un componente de la RTM (Bargo y col., 2002a). La inclusión de pasturas templadas a una RTM tiene como limitantes el volumen y capacidad de mezclado, lo que hace necesario estudiar la forma más conveniente de combinar ambos alimentos. Las dietas RPM podrían tener como ventajas mejorar la MODI y la salud ruminal del rodeo en comparación al sistema RTM (Bretschneider y Salado, 2010).

4.3 EFECTOS DEL TIPO DE DIETA SOBRE EL CONSUMO DE MODI Y EL AMBIENTE RUMINAL

La productividad de los rumiantes se ve influenciada por el consumo de MS, la cantidad de nutrientes y la eficiencia en que ellos son utilizados por el rumiante (Rearte y Santini, 1989). En relación a la regulación del consumo voluntario se han propuesto diferentes teorías, una destaca la regulación metabólica por el animal (Forbes, 1998), otra plantea la regulación física del funcionamiento digestivo a través del tránsito de la digesta (Van Soest, 1994) y la teoría del mínimo discomfort (Forbes, 1986).

Existe relación entre la productividad animal y el consumo de alimento cuando se considera la MODI, variable que se asocia positivamente al consumo de MS (Tucker y col., 2001). Soriano y col. (2001) han reportado una disminución del consumo de MS al suministrar pastura a vacas lecheras en producción consumiendo una dieta RTM. Otros autores como Vibart y col. (2008) y Bargo y col. (2002a) no encontraron diferencias entre los consumos de MS total entre dietas de RTM o RPM también en vacas lecheras. Según Auldist y col. (2013) en su experimento, trabajando con tres dietas, dos de ellas RPM, la primera compuesta por pastura (*Lolium perenne*), complementada con grano de cebada y silo de pradera, y la segunda con la misma pastura, complementada con grano de cebada molido, fardo de alfalfa, silo de maíz y grano de maíz triturado, se observó que el consumo de MS total no se vio afectada por las diferentes estrategias de alimentación. Por otro lado Greenwood y col. (2013) trabajando con una dieta control que consistía en suministrar por separado 8,8 kg de MS de grano de trigo, 3,2 kg de MS de silo de raygrass y forraje fresco y una dieta RPM, compuesta por grano de maíz, silo de maíz, trigo, fardo de alfalfa y silo de pradera consumiendo 12 kg de MS/vaca/día, evaluó pH y consumo de MS, observando que el consumo fue mayor para el tratamiento control.

Se ha reportado que bovinos alimentados exclusivamente en base a pasturas templadas de alta calidad presentan valores de pH ruminal que se encuentran por debajo del límite óptimo de 6,2 para la degradación de la fibra por los m.o. (Chilibroste y col., 2005; Cajarville y col., 2006). El pH del rumen de estos animales que ingieren pasturas de alta calidad está entorno a 5,9 (Rearte y Santini, 1993), esto puede deberse a que estas pasturas tienen una alta concentración de MO fermentable en rumen y un bajo contenido de fibra (40-50% de FND), capaz de promover la rumia y la salivación, por lo tanto resulta en una alta producción de AGV en rumen (Kolver y de Veth, 2002). Comparando dietas RPM, Auldist y col. (2013) no observaron diferencias a nivel de pH ruminal, sin embargo las proporciones de A disminuyeron cuando aumentó la cantidad de suplemento ofrecido, y las proporciones de P aumentaron. En el experimento descrito anteriormente de Greenwood y col. (2013) el pH fue mayor para la dieta RPM respecto al suministro de los alimentos por separado, adicionalmente no encontró un resultado consistente para la concentración de AGV determinada en dos momentos diferentes de tiempo (90 vs 237 días de lactancia) siendo mayor para la dieta control a los 90 días de lactancia, sin diferencia entre las dietas a los 237 días. En relación a la variación diaria de pH en el rumen se ha reportado que cambios repentinos son más perjudiciales para los m.o. que un pH ruminal bajo constante. Esto es debido principalmente a los continuos cambios metabólicos que deben hacer los m.o. como resultado de los cambios en el pH (Mertens y Loften, 1980). En este sentido Bargo y

col. (2002b) comparando animales alimentados con tres dietas: RTM, RPM y pastura más concentrados, reportaron que no hubo diferencias significativas en pH ruminal y tampoco se detectaron diferencias en la concentración de AGV. Estos autores sugieren que las dietas RPM podrían minimizar las variaciones en la tasa de producción de ácidos y eso ayudaría a la mayor estabilidad del pH ruminal. Además pudieron apreciar que la concentración de N-NH₃ fue mayor en el tratamiento pastura más concentrado, esto puede estar relacionado con la composición de las dietas, ya que la relación forraje/concentrado fue de 52:48 y la digestibilidad de la MO de las pasturas fue muy buena según este autor.

En base a los antecedentes consultados se puede ver que las respuestas han sido variadas para cada parámetro ruminal en estudio, y debido a que estos condicionan los procesos de digestión es que surge la interrogante de cómo puede llegar a influir la dieta RPM sobre la MO y el ambiente ruminal.

5. HIPÓTESIS

El consumo de nutrientes en vaquillonas alimentadas con ración parcialmente mezclada será similar al de las alimentadas con ración totalmente mezclada. Por otra parte los valores de pH se estabilizarán, y la producción de ácidos grasos volátiles no se verá afectada respecto a la RTM, mientras que los valores de amoníaco ruminal se verán disminuidos respecto a una dieta de forraje fresco.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar el efecto de una ración parcialmente mezclada sobre el consumo y el ambiente ruminal, respecto a una ración totalmente mezclada o forrajera en vaquillonas de raza carnífera.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estudiar el efecto de la ración parcialmente mezclada sobre:

- ✓ El consumo de materia orgánica digestible ingerida.
- ✓ El pH, la concentración total y el perfil de ácidos grasos volátiles producidos en rumen.
- ✓ La concentración de amoníaco ruminal.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento *in vivo* para el cual se utilizaron las instalaciones y equipamientos del campo experimental N°2 en Libertad (Ruta 1, Km 42, San José, Uruguay), el laboratorio de Nutrición Animal de Facultad de Veterinaria (Montevideo, Uruguay). El protocolo experimental fue aprobado por la Comisión Honoraria Experimentación Animal (C.H.E.A) de la Universidad de la República.

7.1 ANIMALES Y ALIMENTOS

Se trabajó con 9 vaquillonas de raza carnífera y cruzas, de 214 ± 18 kg PV con 18 meses de edad, todas provistas con catéteres ruminales. Los animales fueron sometidos a tres tratamientos:

- a. FF: con acceso a forraje fresco 24 hs.
- b. RTM: con acceso a ración totalmente mezclada 24 hs.
- c. RPM: con acceso a 18 hs de RTM más 6 hs de FF.

Se utilizó un diseño de cuadrado latino de 3x3 por triplicado. Cada período experimental tuvo una duración de 18 días, con 10 días de acostumbramiento y 8 de mediciones (Figura 1). Desde el comienzo los animales se encontraban alojados en bretes individuales, con su respectivo comedero y bebedero teniendo acceso al agua en todo momento. Los alimentos se ofrecieron *ad libitum*. A las 10:00 hs se retiraba el rechazo del día anterior y se ofrecía alimento fresco, FF o RTM según correspondiera. En el tratamiento RPM, de 13:00 a 19:00 hs los animales tuvieron acceso a la pastura sin tener acceso a la RTM. Se tomaron muestras de los rechazos cuando superaron el 20% de lo ofrecido para estudiar la calidad del alimento. En la Tabla 1 se mencionan los ingredientes utilizados para la elaboración de la RTM, los cuales expresados en % de MS, la cual fue formulada a través del Cornell Net Carbohydrate and Protein System V 6.1, para cubrir los requerimientos de vaquillonas de 200 kg de peso vivo y que tuvieran una ganancia de 1 kg/día aproximadamente. A esta RTM además se le agregó un núcleo vitamínico mineral conteniendo fosfato di cálcico, carbonato de calcio, complejos vitamínicos y oligo minerales (DSM®), bicarbonato de sodio como buffer y óxido de magnesio como alcalinizante. El FF se obtuvo de una pradera de 2º año compuesta de trébol rojo (*Trifolium repens*) en un 63%, trébol blanco (*Trifolium pratense*) en un 18,6 % y raigrás (*Lolium multiflorum*) en un 15% en estado vegetativo, la cual fue cortada diariamente a las 7 hs. La composición química de las dietas se determinó el primer y último día de cada período experimental (Tabla 2)

Tabla 1. Composición de la RTM (% de inclusión en base seca)

INGREDIENTES	(%)
Silo grano húmedo de maíz	40,4
Silo de sorgo planta entera	25,2
Grano de maíz molido	24,2
Harina de soja peleteada	8,1
Vitamina - Mineral Premix DSM ¹	0,02
Bicarbonato de sodio	0,65
Oxido de magnesio	0,32
Fosfato di cálcico	0,65
Carbonato de calcio	0,48

¹Vitaminas: vitamina A 50: UI; vitamina D 1000: UI; vitamina E 20000 UI; Mg 72000 mg/kg; Mn 30000 mg/kg; Fe 80000 mg/kg; Zn 50000 mg/kg; Cu 14000 mg/kg; I 20000 mg/kg; Se. Minerales: Tot 95 - 97%; Ca 10 -13%; P 8 -10%; Rel Ca/P 1,28 -1; Se 16mg/kg; Cu 480 mg/kg; Zn 1800 mg/kg; Cen insolubles 4,5%; F o,2%; Cd 5 ppm; Cr 2 ppm; As 12 ppm; Pb 30 ppm; Hg 0,1 ppm

Tabla 2. Composición química (media ± EEM) del forraje fresco, la RTM y los alimentos utilizados como ingredientes de la RTM

	Forraje	RTM ²	Ensilado de sorgo PE ³	Ensilado de maíz GH ⁴	Grano de maíz molido	Harina de soja
MS (%) ⁵	41,7 ± 17,3	58,0 ± 2,7	32,0 ± 0,1	68,4 ± 0,8	92,8 ± 0,6	89,8 ± 0
Composición (%MS)						
MO ⁶	92,0 ± 1,2	96,2 ± 0,5	93,1 ± 0,2	97,2 ± 2,0	97,3 ± 2,7	93,2 ± 0,2
FDN ⁷	46,6 ± 5,8	25,0 ± 6,4	62,4 ± 0,2	7,1 ± 0,3	11,6 ± 0,4	14,6 ± 1,7
FDA ⁸	27,4 ± 0,7	12,8 ± 6,5	40,2 ± 0,2	2,0 ± 0,1	3,3 ± 0,2	5,5 ± 0,0
PB ⁹	13,0 ± 2,1	9,2 ± 0,9	4,0 ± 0,2	7,8 ± 0,0	7,5 ± 0,0	48,8 ± 0,5
EE ¹⁰	3,0 ± 0,1	3,63 ± 0,7	2,4 ± 0,1	4,2 ± 0,1	3,9 ± 0,2	1,6 ± 0,0
CNF ¹¹	29,4	58,5	23,9	78,1	74,4	28,3
pH	-	-	5,7	3,89	-	-
EM ¹²	2,21	2,62	-	-	-	-

¹Pradera mezcla disponibilidad promedio 2170 ± 380 kg de MS/há (15% *Lolium multiflorum*, 63 %; *Trifolium repens*, 18,6 %; *Trifolium pratense* y 3,4 % restos muertos); ²Ración totalmente mezclada; ³Silo de sorgo planta entera; ⁴Silo de maíz GH (grano húmedo); ⁵Materia seca; ⁶Materia orgánica; ⁷Fibra neutro detergente; ⁸Fibra ácido detergente; ¹¹carbohidratos no fibrosos, calculado como: %CNF = %MO - (%PB + %FDN + %EE); ⁹Proteína Cruda; ¹⁰Extracto al éter; ¹²Energía metabolizable: estimado usando valores del Cornell Net Carbohydrate and Protein System v. 6.1 ® (CNCPS v.6.1)

7.2 MUESTREO, DETERMINACIONES Y CÁLCULOS.

Se determinó el consumo de MO mediante los kg ofrecidos y rechazados de los alimentos durante todo el período de mediciones (8 días) y se colectó el total de heces durante los primeros 5 días, de cada período de mediciones, para calcular digestibilidad (CDMO), la cual se calculó como: (kg de MO ingerida – kg de MO excretada)/ kg de MO ingerida. Y en base a estos dos coeficientes se determinó la MODI, calculada como: consumo de MO x CDMO.

La obtención de muestras de líquido ruminal se realizó, el día 3 de cada período de mediciones, mediante la introducción de una sonda ruminal permanente como describen Aguerre y col. (2009). Se siguió un patrón de muestreo como describen Carriquiry y col. (2008). Se estudió la evolución diaria, hora a hora, del pH y la concentración de N-NH₃ en el rumen. Además la concentración de AGV se analizó en cuatro horarios, cada 6 hs, a la hora 4:00, 10:00, 16:00 y 22:00 hs. El pH fue medido en forma inmediata a la extracción de 15 mL de líquido ruminal mediante peachímetro digital (Cole Parmor Instrument Company, # 59002-00, Singapore). Cada muestra de líquido ruminal se fraccionó en dos, una fracción para análisis de AGV, conservándose 1 mL de líquido ruminal utilizando ácido perclórico 0.1 molar (M) como conservante. La otra fracción se utilizó para determinar la concentración de N-NH₃, se colocó 10 mL de líquido ruminal en un tubo de vidrio y fue conservado añadiendo partes iguales de NaCl al 5% (peso/volumen). Ambas muestras se guardaron a -20°C. A posteriori se analizaron las concentraciones de A, P y B por cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) de alto rendimiento, y la concentración de N-NH₃ se determinó por destilación directa (Tecator, 1002 Kjeltex System).

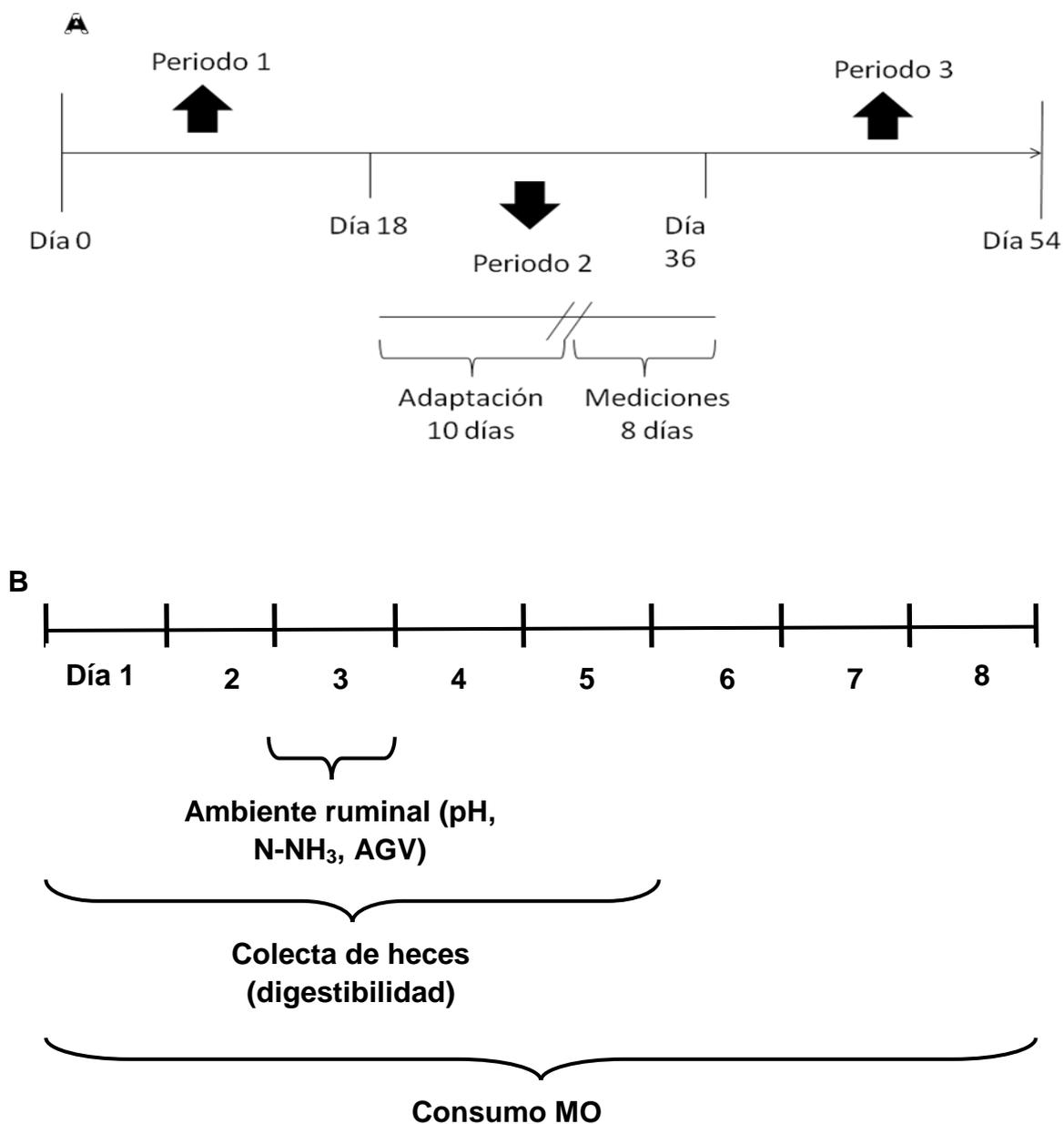


Figura 1. Esquema del protocolo experimental: A. Duración total y de cada período; B. Frecuencia de mediciones en cada período.

7.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Las variables consumo de materia orgánica y digestibilidad, se analizaron con un modelo lineal mixto que incluyó los efectos fijos: tratamiento y período y como efecto aleatorio: el animal. El pH, N-NH₃, AGV, se analizaron con el mismo modelo que además de los efectos fijos: tratamiento y período, se incluyó hora de medición (analizado como medidas repetidas) y la interacción tratamiento por hora y como efecto aleatorio: el animal.

Las medias se separaron con el test de Tukey si el efecto tratamiento es significativo ($P \leq 0,05$) o si existe tendencia ($0,05 < P < 0,1$).

8. RESULTADOS

A nivel de consumo de MO total (kg/d), hubo un efecto ($p=0,040$) del tratamiento RPM a presentar mayores consumos que el tratamiento FF, sin diferir del tratamiento RTM. Con respecto a MODI expresado en kg/d hubo una tendencia del tratamiento RPM a presentar mayores valores que el tratamiento FF, no encontrándose diferencias con el tratamiento RTM, mientras que expresado como % del PV la MODI tendió a ser mayor para RPM respecto a los otros dos tratamientos (Tabla 3).

Los valores medios de pH se presentan en la Tabla 3, y la evolución diaria de pH ruminal en la Figura 2. El valor medio de pH fue mayor para el tratamiento de FF (6,87) con respecto a los otros dos. El rango de pH para FF fue de 6,74 a 7,05 (EEM= 0,09), para RPM de 6,32 a 6,80 (EEM= 0,11) y para RTM 6,23 a 6,80 (EEM= 0,14). Los valores más altos de pH se detectaron a las 03:00 hs para los animales alimentados con FF, a las 6:00 hs para RPM y a las 10:00 hs para RTM. En tanto los más bajos fueron para FF a las 16:00 hs y 23:00 hs, RPM a las 02:00 hs y para RTM a las 16:00 hs.

Tabla 3. Valores medios de pH, concentración total y perfil de AGV, concentración de N-NH₃ y valores medios de MODI en vaquillonas alimentadas con RTM, RPM o FF.

	Tratamientos (1)			Efectos (2), P > F				
	RTM	RPM	FF	EEM	T	P	H	TxH
Consumo (kg/d)								
MO Forraje	-	1,9	4,6	0,21	<0,001	-	-	-
MO RTM	5,6	4,7	-	0,32	<0,001	-	-	-
MO Total	5,6 ^{ab}	6,7 ^a	4,6 ^b	0,55	0,040	0,399	-	-
Digestibilidad de MO (%)								
MODI (kg/d)	4,2 ^{xy}	5,1 ^x	3,9 ^y	0,38	0,083	0,295	-	-
MODI (% PV)	1,96 ^y	2,38 ^x	1,82 ^y	0,11	0,058	0,142	-	-
pH	6,51 ^b	6,46 ^b	6,87 ^a	0,042	<0,001	0,108	0,027	0,946
Tot AGV mmol/L	130,9 ^y	146,3 ^x	131,7 ^y	6,04	0,097	0,0001	0,0001	0,724
AGV mol/100 mol								
Acético (A)	42,1 ^b	43,6 ^{ab}	45,9 ^a	0,9	0,052	0,08	0,0001	0,607
Propiónico (P)	33,6	33	32,2	0,64	0,253	0,0003	0,0084	0,267
Butírico (B)	24,3 ^a	23,2 ^{ab}	21,9 ^b	0,63	0,013	0,78	0,0001	0,376
A/P	1,29 ^b	1,36 ^{ab}	1,42 ^a	0,051	0,05	-	0,0001	0,282
N-NH ₃ (mg/dL)	17,6	19,3	19,9	1,11	0,24	<0,001	<0,001	0,867

RTM: 24h RTM; RPM: 18h RTM y 6h forraje fresco; FF: 24h forraje fresco; EEM: Error estándar de media (n = 9 por tratamiento); T: efecto del tratamiento; P: efecto del período experimental; H: efecto c la hora y TxH: interacción tratamiento por hora.

Diferentes letras en una misma fila difieren $p \leq 0,05$ entre tratamientos.

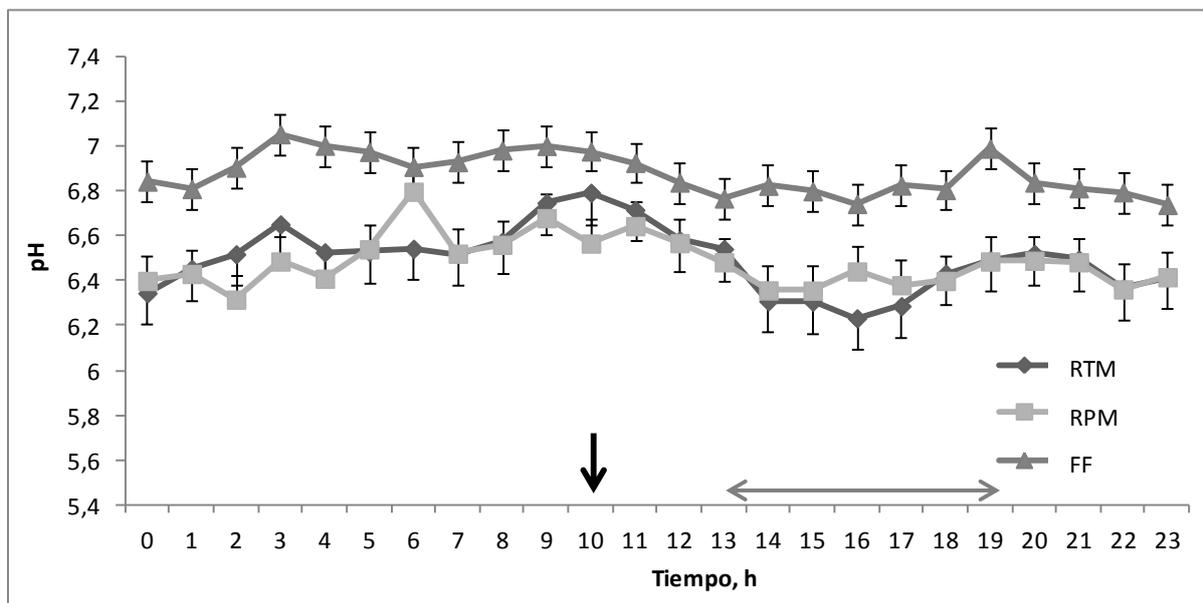


Figura 2. Variación diaria promedio de pH para los tres períodos en vaquillonas de carne alimentadas con RTM, RPM y FF. RTM (24h), RPM (18h RTM+ 6h FF) o FF (24h), (medias \pm EEM; n = 9). La flecha vertical indica el cambio diario de alimentos; la flecha horizontal indica el horario de acceso al FF en el tratamiento RPM.

Los valores medios de AGV se presentan en la Tabla 3, donde se observa una tendencia a presentar mayor concentración ($p = 0,097$) del tratamiento RPM con respecto a los otros dos tratamientos. Se detectó efecto del tratamiento para el perfil de AGV variando las proporciones de A y B. Existió un efecto en la hora de muestreo para el total de AGV y su concentración individual. Además se detectó efecto del período experimental sobre el total de AGV.

Las concentraciones medias de $N-NH_3$ también se presentan en la Tabla 3 y la variación diaria promedio se ve reflejada en la Figura 3. En las concentraciones medias de $N-NH_3$ no existió efecto tratamiento, y sí hubo efecto de la hora y el período experimental. Tomando en cuenta este último efecto, las concentraciones de $N-NH_3$ (mg/dL) para los 3 períodos (medias \pm EEM) fueron $27,68 \pm 1,99$ para el período 1, $18,22 \pm 1,99$ para el período 2, $10,92 \pm 1,99$ para el período 3. Los rangos de $N-NH_3$ y EEM para los 3 tratamientos fueron: FF; 13,9 a 34,5 (EEM= 4,85), RPM; 11,9 a 44,1 (EEM= 6,98) y RTM; 11,5 a 30,8 (EEM= 5,56). Para el tratamiento RPM, la concentración máxima se alcanzó a las 15 hs, dos horas después del suministro del FF en este tratamiento.

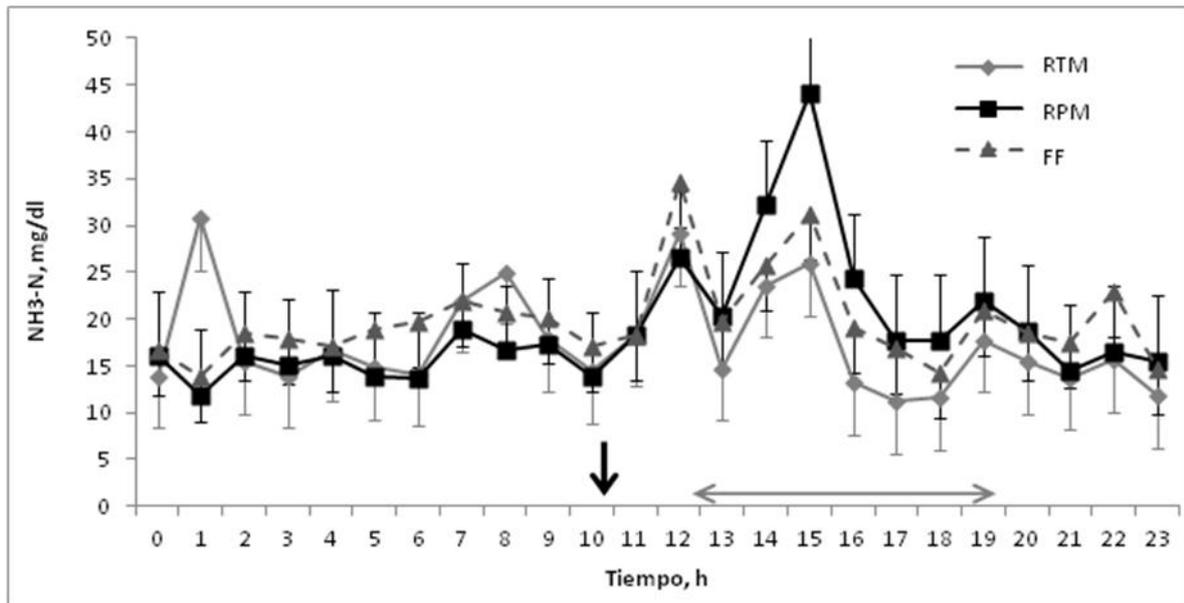


Figura 3. Variación media de las concentraciones de N-NH₃ para los tres períodos en vaquillonas de carne alimentadas con RTM (24h), RPM (18h RTM+ 6h FF) o FF (24h), (medias ± error estándar; n=9). La flecha vertical indica el cambio diario de alimentos; la flecha horizontal indica el horario de acceso a la pastura en el tratamiento RPM.

9. DISCUSIÓN

El objetivo principal de este trabajo fue estudiar el ambiente ruminal y el consumo, con una incorporación de forraje en la dieta que no deprimiera este último, es por ello que se optó por 6 horas de acceso al tratamiento FF basándonos en la bibliografía consultada y principalmente en los antecedentes del equipo de trabajo (Félix y col., 2010) en donde el consumo disminuía con un acceso mayor a 6 horas de forraje.

El hallazgo más relevante fue la tendencia del tratamiento RPM a presentar mayores valores de MODI (expresada como % de PV) que RTM, lo que parece sustentarse en el menor error estándar de la media (EEM) con respecto a la MODI expresada en kg/d. Esta disminución en el margen de error hace que se pueda visualizar esa tendencia, ya que los valores de consumo MO totales y digestibilidad para estos tratamientos fueron muy similares (CD = 0,75 RTM y CD = 0,76 RPM). Tanto la tendencia encontrada para la MODI expresada como % de PV y las similitudes en el consumo de kg de MO entre los tratamientos RTM y RPM concuerdan con la revisión realizada por Wales y col. (2013), quienes revisando sistemas de alimentación RPM en Australia plantean que la combinación 75% de RTM y 25% de forrajes podría presentar ventajas nutricionales debido a efectos asociativos positivos entre el forraje y la RTM. De hecho, en nuestro experimento, en el tratamiento RPM los animales consumieron el 71 % de la MO proveniente de la RTM y el 29% del forraje fresco. Y el menor MODI del tratamiento FF respecto a RPM era esperable según los antecedentes existentes (Wales y col., 2013).

En nuestro experimento, los contenidos de MO fueron similares para el forraje fresco y la RTM; el forraje presentó prácticamente el doble de fibra (FND 47% vs. 25%) y la mitad de CNF (29% vs 58%). Esto probablemente contribuyó a establecer mayores valores de pH en el líquido ruminal de los animales alimentados con el tratamiento FF. Sin embargo las similitudes en los valores medios de pH entre los tratamientos RTM y RPM podrían relacionarse con la alta degradabilidad ruminal del forraje. Debe considerarse el hecho que en nuestro trabajo la RTM fue formulada con el objetivo de mantener el pH ruminal dentro del rango óptimo para la degradación de fibra (6,7 ± 0,5) de acuerdo con Van Soest, (1994), y para ello se agregaron aditivos dietarios como óxido de magnesio y bicarbonato de sodio.

En relación al pH ruminal trabajos previos de alimentación con pasturas suplementadas con granos de cereales han encontrado que la suplementación provoca consistentemente una disminución del pH ruminal promedio y aumento de la concentración total de AGV (Bargo y col., 2002b; Cajarville y col., 2006; Aguerre y col., 2013). Cuando se han comparado dietas RTM y RPM, la inclusión de pasturas en la mayoría de los trabajos no ha repercutido en los valores medios de pH ruminal (Bargo y col., 2002b; Auldist y col., 2013; Pomiés y col., 2014), similar a lo ocurrido en nuestro experimento. Una excepción podría ser el trabajo de Mendoza y col. (2012) quienes trabajando con vacas lecheras en lactación alimentadas con RTM, RTM con 4 hs de acceso a forraje y RTM con 8 hs de acceso, observaron una disminución del pH ruminal cuando los animales tuvieron acceso de 4 hs a la pastura, respecto a las otras dietas. Si bien en este experimento no medimos la tasa de consumo, ésta pudo haber estado relacionado con la estabilidad de pH.

Si consideramos los rangos y error estándar de pH como indicadores de estabilidad en nuestro ensayo, los pH más estables a lo largo del día fueron para el tratamiento FF posiblemente debido a que el consumo de alimentos fibrosos por lo general conduce a un considerable reciclaje de saliva, resultante del mayor tiempo dedicado a comer y rumiar en relación a los AGV que produce (Ørskov, 1992). Mientras que los pH más variables fueron para RTM. Bargo y col. (2002b), encontraron mayores variaciones diarias de pH con dietas RPM comparándolas con RTM, aunque el valor de la media no fue diferente. Pomies y col., (2014) obtuvieron los mismos resultados trabajando con tres tratamientos, RTM 100%, RTM 75% de la MO consumida a partir de esta RTM y RTM 50% de la MO consumida a partir de RTM, y al incrementar las proporciones de forraje fresco, detectaron mayores oscilaciones a lo largo del día y menores tasas de consumo. Vibart y col. (2010), trabajando *in vitro*, con diferentes dietas, con una relación de RTM/Pastura, 100-0, 85-15, 70-30 y 55-45, no encontraron variación en el pH del medio con el aumento de pastura en el sustrato. A pesar de ello, los valores obtenidos no descendieron por debajo del mínimo sugerido por de Veth y Kolver (2001) de 5,8 donde se afectaría la digestibilidad de la fibra.

En el rumen la producción de AGV depende del consumo, la composición del alimento, la actividad microbiana y el pH del medio. En nuestro experimento la concentración total de AGV tendió a ser mayor para RPM respecto a los otros dos tratamientos, esta mayor concentración total de AGV en el tratamiento RPM es coherente biológicamente, debido a la tendencia que tuvo este tratamiento a presentar mayores valores de MODI (%PV). Por otra parte, Pomiés y col. (2014) observaron que la concentración total de AGV fue menor para la dieta con mayor inclusión de pastura.

En nuestro experimento no se observaron diferencias en el perfil de AGV entre los tratamientos RTM y RPM, al igual que en el experimento de Bargo y col. (2002b). Contrariamente Vibart y col. (2010) informaron un aumento de B y una disminución de A y P a medida que aumentaba la inclusión de pastura en la dieta. Por su parte Pomiés y col. (2014), reporta también cambios en el perfil de AGV, observando mayores concentraciones de P para los tratamiento RTM 100% y RTM 75%, respecto a RTM 50%, probablemente debido a la mayor cantidad de sustratos precursores de este ácido. Mientras que la proporción de B fue mayor en el tratamiento RTM 75% y RTM, respecto a las otras dietas. En nuestro experimento el tratamiento FF presentó mayores niveles de A que el tratamiento RTM, esto probablemente se relacione a las mayores concentraciones de fibra en la pastura. Por otro lado los mayores niveles de B detectados para el tratamiento RTM podría deberse a la base de ensilaje de sorgo de planta entera utilizado para su elaboración.

La estrategia de sincronización de nutrientes aportando granos que contienen hidratos de carbono rápidamente fermentecibles para mejorar la incorporación microbiana del N-NH₃, producido a partir de las pasturas, ha sido comprobada por diferentes autores (Owens y col., 1997; Trevaskis y col., 2001; Bargo y col., 2003). El combinar RTM con altos porcentajes de granos y forraje fresco podría utilizar esta estrategia de sincronización de nutrientes para sintetizar proteína microbiana, disminuyendo los excesos de N-NH₃. En este sentido, Pomies y col. (2014),

determinaron que el N-NH₃ promedio fue mayor para el tratamiento RTM 100% respecto de RTM 75% y este mayor que RTM 50%. Esto pudo deberse al mayor consumo de MS y PB de los tratamientos con mayor proporción de RTM.

En nuestro experimento si bien se hubiera esperado una menor concentración de N-NH₃ en el tratamiento RPM, debido a su mejor aprovechamiento por los m.o., esto no se observó. Esto pudo deberse en parte a la alta degradabilidad de los componentes nitrogenados de la pastura, debido a que las fracciones de N de estos pastos son rápidamente y extensamente degradadas en el rumen produciendo N-NH₃ (Repetto y col., 2005). Cuando se comparan los tratamientos RPM y RTM, la media de la concentración de N-NH₃ fue similar pero las cinéticas diarias difieren, considerando los rangos y error estándar como indicadores de estabilidad, los animales alimentados con el tratamiento RPM presentaron las mayores variaciones durante ese período y el tratamiento RTM tuvo un patrón más constante de concentración de N-NH₃. De hecho los niveles de N-NH₃ se asemejan a los de trabajos previos realizados en nuestro país en animales consumiendo pasturas templadas de alta calidad (Cajarville y col., 2006). Sin embargo, en el tratamiento FF podría haber actuado otro mecanismo que reduzca la concentración de N-NH₃ como la absorción a través de la pared ruminal, que aumenta con el incremento de pH (Kozloski, 2002).

En este sentido, en nuestro experimento como parte de otro trabajo se determinaron los niveles de urea en sangre, constatándose diferencias en la concentración de N ureico en sangre, siendo mayores para el tratamiento FF (39,0 mg/dL) respecto a los otros dos tratamientos (RPM = 28,0; RTM = 27,4 mg/dL), indicando una utilización diferente del N-NH₃. Estos datos no son mostrados en este trabajo ya que este parámetro no fue analizado.

10. CONCLUSIONES

Al combinar una RTM con una pastura, el consumo de MO puede incrementarse llevando a una mayor producción de AGV, sin diferir en el perfil de los mismos, lo que tendría un impacto positivo para balancear las dietas. Adicionalmente la RPM no disminuyó los valores de amoníaco ruminal respecto a la dieta forraje fresco. En el tratamiento de ración parcialmente mezclada, con 6h de acceso al forraje fresco, las vaquillonas ingirieron un 29% de la MO total consumida proveniente del forraje fresco. Además de cubrir los requerimientos de las vaquillonas, permitió una ganancia diaria de 900 gr. aproximadamente, por lo que la dieta de RTM con inclusión de forraje de alta degradabilidad ruminal además de abaratar costos, estaríamos aumentando el consumo y la energía para el rumiante y para la síntesis de proteína microbiana, sin tener grandes oscilaciones de pH respecto a la RTM.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguerre M, Repetto JL, Pérez A, Mendoza A, Pinacchio G, Cajarville C, (2009). Rumen pH and NH₃ concentration of wethers fed temperate pastures supplemented or not with sorghum grain. *South African J Anim Sci* 39 (supp 1): 246-250.
2. Aguerre, M.; Cajarville, C.; Kozloski, G.V.; Repetto, J.L. (2013) Intake and digestive responses by ruminants fed fresh temperate pasture supplemented with increased levels of sorghum grain: A comparison between cattle and sheep. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 186: 12-19.
3. Annison EF, Bryden WL, (1999). Perspectives on ruminant nutrition and metabolism. II. Metabolism in ruminant tissues. *Nutr. Res. Rev.* 12: 147-177.
4. Annison EF, Lewis D, (1966). *El Metabolismo en el rumen*. México, Ed. Hispano Americana, 200 p.
5. Auldish MJ, Marett LC, Greenwood JS, Hannah MC, Jacobs JL, Wales WJ (2013). Effects of different strategies for feeding supplements on milk production responses in cows grazing a restricted pasture allowance. *J. Dairy Sci.* 96: 1218–1231.
6. Balch DA, Rowland SJ, (1957). Volatile fatty acids and lactic acid in the rumen of dairy cows receiving a variety of diets. *Brit. J. Nutr.* 11: 288-298.
7. Bargo F, Muller LD, Delahoy JE, Cassidy TW, (2002a). Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 85: 2948–2963.
8. Bargo F, Muller LD, Varga GA, Delahoy JE, Cassidy TW, (2002b). Ruminal digestion and fermentation of high-producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 85: 2964–2973.
9. Bargo F, Muller LD, Kolver ES, Delahoy JE, (2003). Invited Review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.* 86: 1–42.
10. Bergman EN, (1990). Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiol Rev.* 70(2): 567-590.
11. Bretschneider G, Salado E, (2010). Sistema de producción, INTA Ficha técnica nº 8. Disponible en: www.inta.gov.ar/lecheria. Fecha de consulta: 20/06/2013.
12. Cajarville C, Aguerre M, Repetto JL, (2006). Ruminal pH, N-NH₃ concentration and forage degradation kinetics on cows grazing temperate pastures and supplemented with different sources of grain. *Anim. Res.* 55: 511-520.

13. Caputi P, Méndez C, (2010) Producción de carne en el mundo y la inserción de Uruguay en el comercio exterior. En: Bianchi, G.; Feed, O. D. Introducción a la ciencia de la carne. Buenos Aires, Hemisferio Sur, p 17-49.
14. Carriquiry M, Weber W, Baumgard L, Crooker B, (2008). In vitro biohydrogenation of four dietary fats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 14: 339–355.
15. Chilbroste P, Gibb MJ, Tamminga F, (2005). Pasture characteristics and animal performance. En: Dijkstra J, Forbes J, France J. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism, 2ª ed. Wallingford, CAB, p 681- 706.
16. Clark JH, Klusmeyer TH, Cameron MR, (1992). Symposium: Nitrogen metabolism and amino acid nutrition in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 75: 2304-2323.
17. de Veth MJ, Kolver ES, (2001). Digestion of Ryegrass Pasture in Response to Change in pH in Continuous Culture. *J. Dairy Sci.* 84: 1449–1457.
18. Elizalde, J.C., N.R. Merchen, D.B. Faulkner. (1999). In situ dry matter and crude protein degradation of fresh forages during the spring growth. *J. Dairy Sci.* 82(9): 1978-1990
19. Elizondo J, (2005). El fósforo en los sistemas ganaderos de leche. *Agrom. Mesoamer.* 16 (2): 231-238.
20. Félix A, Hernández N, Restuccia P, Ruiz S, Aguerre M, Pérez-Ruchel A, Repetto JL, Cajarville C. (2012). Effect of time of access to temperate forage on intake and digestibility of organic matter and fiber fractions in heifers. *J. Anim. Sci.* Vol. 90, Suppl. 3/*J. Dairy Sci.* Vol. 95, Suppl. 2, p: 377 (Abstract).
21. Forbes JM, (1986). The voluntary food intake of farm animals. London Butterworths, 205 p.
22. Forbes JM, (1998). Feeding behaviour. En: Forbes JM, ed. Voluntary feed intake and diet selection in farm animal. Oxon, CAB, p 11-37.
23. Gill M, (1979). The principles and practice of feeding ruminants on complete diets. *Grass For. Sci.* 34: 155-161.
24. Greenwood JS, Auldist MJ, Maret LC, Hannah MC, Jacobs JL, Wales WJ (2013). Ruminant fluid pH and whole tract digestibility in cows consuming freshly cut herbage plus concentrates and silage fed either separately or as a partial mixed ration. *Anim. Prod. Sci.* 54 (8):1056-1063
25. Hammond AC, (1998). The use of bun and mun as guides for protein and energy supplementation in cattle. *Rev. Corp. Col. Inv. Agrop. (Corpoica)* 2(2): 44-48.
26. Hanson GD, Cunningham LC, Morehart MJ, Parsons RL, (1998). Profitability of moderate intensive grazing of dairy cows in the Northeast. *J. Dairy Sci.* 81(3): 821-829.

27. Hinojosa GA, (2004). Efecto del tipo de carbohidrato en el concentrado sobre el consumo y comportamiento ingestivo en vacas lecheras en pastoreo primaveral. Memoria de título. Valdivia, Chile. 72 p.
28. Hoffman, P. C., S. J. Sievert, R. D. Shaver, D. A. Welch, and D. K. Combs. (1993). In situ dry matter, protein, and fiber degradation of perennial forages. *J. Dairy Sci.* 76: 2632-2643.
29. Kolver ES, de Veth MJ, (2002). Prediction of ruminal pH from pasture-based diets. *J. Dairy Sci.* 85: 1255–1266.
30. Kolver ES, (2003). Nutritional limitations to increased production on pasture based systems. *Proc. Nut. Soc.* 62: 291-300.
31. Kozloski G, (2002). *Bioquímica dos Ruminantes*. Santa Maria: UFSM. 140 p.
32. Mendoza A, Cajarville C, Amaral V, Pirotto E, Puig M, Repetto JL, (2012). Concentración de nitrógeno amoniacal y pH ruminal en vacas lecheras alimentadas con forraje fresco y ración totalmente mezclada. *Vet. (Montevideo)* 48, (Sup.1): 150
33. Mertens DR, Loften JR, (1980). The effect of starch on forage fibre digestion kinetics in vitro. *J. Dairy Sci.* 63: 1437-1446.
34. MGAP-DIEA (2013). Anuario estadístico agropecuario (2013). Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Uruguay. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/portal/hqxpp001.aspx?7,5,754,O,S,0,MNU;E:27:9:MNU;](http://www.mgap.gub.uy/portal/hqxpp001.aspx?7,5,754,O,S,0,MNU;E:27:9:MNU;,), Fecha de consulta: 20/02/14.
35. Noziere P, Glasser F, Sauvant D, (2011). In vivo production and molar percentages of volatile fatty acids in the rumen: a quantitative review by an empirical approach. *Anim. Consort.* 5: 403-414.
36. NRC. National Research Council, (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. 7ª ed. Washington, National Academy Press. 381 p.
37. Oba M, Allen MS, (1999). Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *J. Dairy Sci* 82: 589–596.
38. Ørskov ER. (1992). Protein nutrition in ruminants. New York, Academic Press. 160 p.
39. Owens FN, Secrist DS, Jeff Hill W, Gill DR, (1997). The Effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *J. Anim Sci.*, 75: 868-879.
40. Peyraud JL, Delaby L, (2001). Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows. Response to supplementation in interaction with grazing management and

- grass quality. En: Garnsworthy PC, WiEEMan J. (Eds.), Recent advances in animal nutrition, Nottingham, Nottingham University, p 203-220.
41. Pomiés N, Pastorini M, Repetto JL, Mendoza A, Pérez A, Fornio I, Burutarán M, Cajarville C, (2014). Combinación de ración totalmente mezclada y forraje fresco: efecto sobre el ambiente ruminal de vacas lecheras 37^o Cong. Asoc. Arg. Prod. Ani. RAPA, Vol. 15, Supl. 1. 81 p.
 42. Preston T, Leng R, (1990). Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles. Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Cali. Desarrollo Rural Integrado, 312 p.
 43. Rearte DH, Santini FJ, (1989). Digestión ruminal y producción en animales en pastoreo. Rev. Arg. Prod. Anim. 9: 93-105.
 44. Rearte DH, (1992). Alimentación y composición de la leche en los sistemas pastoriles. Buenos Aires, Ed. Balcarce-INTA. 94 p.
 45. Rearte DH, Santini FJ, (1993). Rumen digestion of temperate pasture: effects on milk yield and composition. Proc. XVII Int. Grassl. Congr. N. Z. p 562.
 46. Repetto JL, Cajarville C, D' Alessandro J, Curbelo A, Soto C, Garin D, (2005). Effect of wilting and ensiling on ruminal degradability of temperate grass and legume mixtures. Anim. Res. 54: 73-78.
 47. Reynolds CK, Kristensen NB, (2008). Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy. J. Anim. Sci. 86 (14): 293-305.
 48. Rodríguez MN, Tebot I, Le Bas A, Nievas C, Cirio A, Leng L, (1996). Renal function and urea handling in pregnant and lactating Corriedale ewes. Can. J. Anim. Sci., 76(3): 469-472.
 49. Russell JB, (1998). The importance of pH in the regulation of ruminal acetate to propionate ratio and methane production in vitro. J. Dairy Sci. 81: 3222-3230.
 50. Rushen J, de Passillé AM, von Keyserlingk MAG, Weary DM, (2008). Housing for adult cattle. En: Rushen J, de Passillé AM, von Keyserlingk MAG, Weary DM, The welfare of cattle. Amsterdam, Springer, p 142-180.
 51. Satter LD, Slyter LL, (1974). Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. Brit. J. Nutr. 32: 199-208.
 52. Soder KJ y Rotz CA, (2001). Economic and environmental impact of four levels of concentrate supplementation in grazing dairy herds. J. Dairy Sci. 84: 2560-2572.
 53. Soriano FD, Polan CE, Miller CN, (2001). Supplementing pasture to lactating Holsteins fed a total mixed ration diet. J. Dairy Sci. 84: 2460-2468.

54. Tebot I, Faix S, Szanyiova M, Cirio A, Leng L. (1998). Micro puncture study on urea movements in the kidney cortical tubules of low protein fed sheep. *Vet. Res.*, 29: 99-105.
55. Trevaskis LM, Fulkerson WJ, Gooden JM, (2001). Provision of certain carbohydrate-based supplements to pasture-fed sheep, as well as time of harvesting of the pasture, influences pH, ammonia concentration and microbial protein synthesis in the rumen. *Aust. J. Exp. Agric.* 41 (1): 21-27.
56. Tucker WB, Rude BJ, Wittayakun S, (2001). Case study: Performance and economics of dairy cows fed a corn silage-based total mixed ration or grazing annual ryegrass during mid to late lactation. *Prof. Anim. Sci.* 17: 195-201.
57. Van Soest PJ, (1994). Microbes in the Gut. En: Van Soest PJ. *Nutritional Ecology of the Ruminant 2^a ed.* New York: Cornell University, p 253-280.
58. Vibart RE, Fellner V, Burns JC, Huntington JB, Green JT, (2008). Performance of lactating dairy cows fed varying levels of total mixed ration and pasture. *J. Dairy Res.* 75: 471–480.
59. Vibart RE, Burns JC, Fellner V, (2010). Effect of replacing total mixed ration with pasture on ruminal fermentation. *Prof Anim. Sci.* 26: 435–442.
60. Wales WJ, Kolver ES, Thorne PL, Egan AR, (2004). Diurnal variation in ruminal pH on the digestibility on highly digestible perennial ryegrass during continuous culture fermentation. *J. Dairy Sci.* 87: 1864-1871.
61. Wales WJ, Marret CI, Greenwood JS, Wright MM, Thornhill JB, Jacobs LM, Ho CKM, Auldred MJ, (2013). Use of partial mixed ration in pasture-based dairying in temperate regions of Australia. *Anim Prod Sci.* 53: 1167–1178.
62. Zabaleta de Lucio E, (1976). Los ácidos grasos volátiles, fuente de energía en los rumiantes. *Cienc. Vet.* 1: 223-240.