UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

EFECTO 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 invalorable 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 Nº 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 ± 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

CO_2: 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-NH_3: 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-NH_3, AGV), respecto a dietas ración totalmente mezclada (**RTM**) o de forraje fresco (**FF)**, en vaquillonas de raza carnicera. Se utilizaron 9 vaquillonas de raza carnicera y cruzas con un peso de 214 ± 18 kg de PV, con 18 meses de edad, alojados en bretes 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-NH_3. 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 parcial mixed ration (PMR) diet on the digestible organic matter intake (DOMI) and the rumen environment (pH, $N\text{-}NH_3$, 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 $N\text{-}NH_3$. 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 nutraceúticas, 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-NH_3) por parte de la biomasa microbiana (Kozloski, 2002).

Las condiciones medioambientales del rumen, básicamente el pH, la concentración de N-NH_3 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 CO_2 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 acido 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-NH_3 y la urea, para sintetizar proteína microbiana. La mayoría de las bacterias ruminales poseen la capacidad de asimilar y emplear el N-NH_3 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-NH_3. Se ha reportado un nivel crítico de 5 mg de N-NH_3 por decilitro (dL) como mínimo para el desarrollo de los m.o. (Satter y Slyter, 1974; Clark y col., 1992). Una parte del N-NH_3 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-NH_3 - 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-NH_3 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-NH_3 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-NH_3 en rumen (Annison y Bryden, 1999). El N-NH_3 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-NH_3 y dióxido de carbono (CO_2).

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 nutraceúticos 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 disconfort (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 descripto anteriormente de Grenwood 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 $N\text{-}NH_3$ fue mayor en el tratamiento

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-NH_3 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 (%)	0,75	0,76	0,85	0,042	0,329	0.324	-	-
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 d la hora y TxH: interacción tratamiento por hora.

Diferentes letras en una misma fila difieren p ≤ 0,05 entre tratamientos.

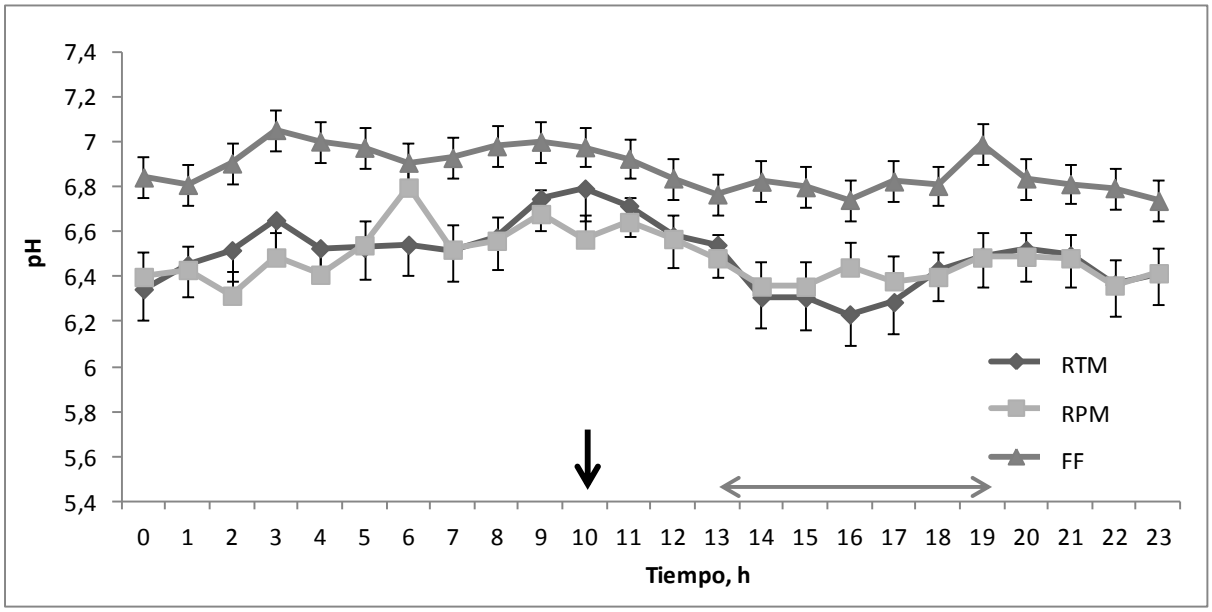

Figura 2. Variación diaria promedio de pH para los tres períodos en vaquillonas de carne alimentadas con RTM, RPM y FF. RTM (24h), RPM (18h RTM+ 6h FF) o FF (24h), (medias ± EEM; n = 9). La flecha vertical indica el cambio diario de alimentos; la flecha horizontal indica el horario de acceso al FF en 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 $N\text{-}NH_3$ también se presentan en la Tabla 3 y la variación diaria promedio se ve reflejada en la Figura 3. En las concentraciones medias de $N\text{-}NH_3$ no existió efecto tratamiento, y sí hubo efecto de la hora y el período experimental. Tomando en cuenta este último efecto, las concentraciones de $N\text{-}NH_3$ (mg/dL) para los 3 períodos (medias ± EEM) fueron 27,68 ± 1,99 para el período 1, 18,22 ± 1,99 para el período 2, 10,92 ± 1,99 para el período 3. Los rangos de $N\text{-}NH_3$ 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.

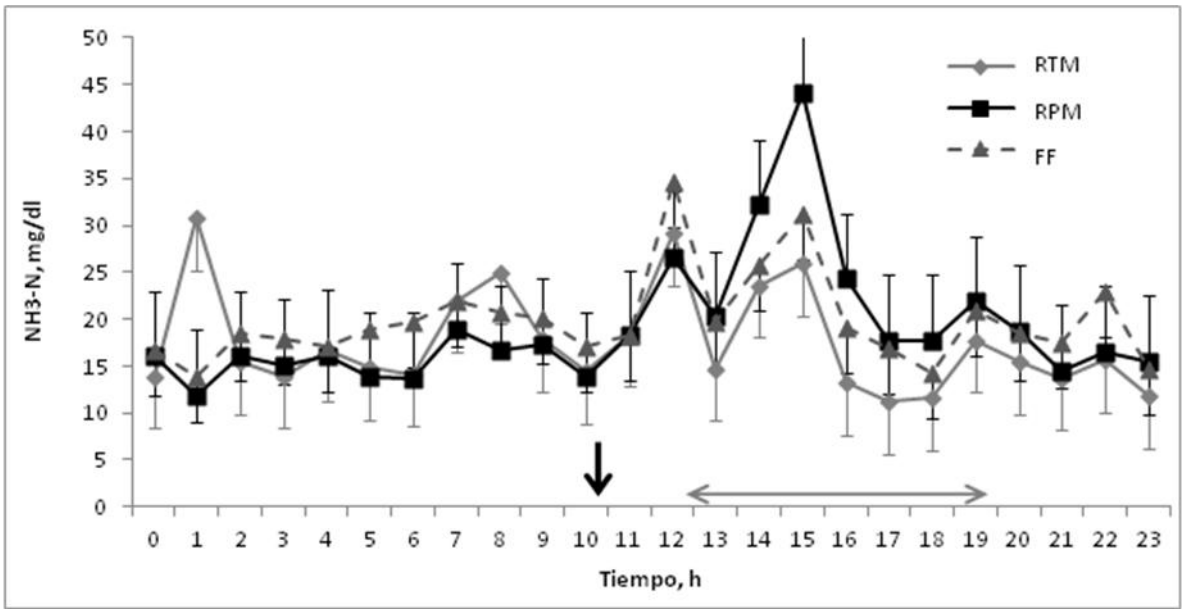

Figura 3. Variación media de las concentraciones de N-NH_3 para los tres períodos en vaquillonas de carne alimentadas con RTM (24h), RPM (18h RTM+ 6h FF) o FF (24h), (medias ± error estándar; n=9). La flecha vertical indica el cambio diario de alimentos; la flecha horizontal indica el horario de acceso 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 (