

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**DISTRIBUCIÓN DEL HORARIO DE PASTOREO EN *MEDICAGO SATIVA*:  
CONSUMO Y DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES EN DIETAS RPM PARA  
VACAS LECHERAS**

**Por**

Eduardo Raúl MORALES RODRÍGUEZ  
María Victoria ZERBINO SÁNCHEZ

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  
2018**

## PAGINA DE APROBACION

**Presidente de Mesa:**

\_\_\_\_\_

**Ing. Agr. Alejandro Mendoza**

**Segundo Miembro (Tutor):**

\_\_\_\_\_

**Dr. Álvaro Santana**

**Tercer Miembro:**

\_\_\_\_\_

**Dra. Elena de Torres**

**Cuarto Miembro (Co-tutor):**

\_\_\_\_\_

**Dra. Cecilia Cajarville**

**Fecha:** 17 de Diciembre de 2018

**Autor:**

\_\_\_\_\_

**Eduardo Raúl Morales Rodríguez**

**Autor:**

\_\_\_\_\_

**María Victoria Zerbino Sánchez**

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer en primer lugar a nuestras familias por el apoyo brindado durante el trayecto recorrido en la universidad.

Al Dr. Álvaro Santana y Dra. Cecilia Cajarville, por su tutoría y co-tutoría, y el respaldo brindado

A todos los integrantes del Dpto. de Bovinos y Nutrición de facultad de Veterinaria, por el apoyo y colaboración en la realización del ensayo.

A todo el personal de Biblioteca de Facultad de Veterinaria por su apoyo y ayuda en la búsqueda bibliográfica.

A la familia de Facultad, compañeros y amigos con los cuales compartimos momentos, creciendo en el día a día juntos como profesionales y personas.

A nuestros compañeros de tesis durante el periodo de experimentación, por el trabajo en conjunto y los momentos vividos.

Agradecemos también a los compañeros con los que compartimos el ensayo experimental y análisis de laboratorio (Juan Dayuto, Ricardo Basiolo, Cinthya Fernández) colaboradores indispensables en todo lo que fue el desarrollo del trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
LISTA DE CUADROS.....	5
1. RESUMEN .....	6
2. SUMMARY.....	7
3. INTRODUCCIÓN .....	8
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	9
4.1 Sistemas de alimentación utilizados en la producción lechera de Uruguay ....	9
4.2 La utilización de dietas RPM.....	11
4.3 Restricción del tiempo de pastoreo. Efectos sobre consumo y digestibilidad de nutrientes .....	12
4.4 Distribución del tiempo de pastoreo. Efectos sobre consumo y digestibilidad de nutrientes .....	14
5. HIPÓTESIS.....	15
6. OBJETIVOS.....	16
6.1 Objetivo General.....	16
6.2 Objetivos Específicos.....	16
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
7.1 Animales, Alimentos y Manejo.....	17
7.2 Mediciones.....	18
7.3 Análisis Estadístico .....	20
8. RESULTADOS.....	21
9. DISCUSIÓN .....	23
10. CONCLUSIONES .....	26
11. BIBLIOGRAFÍA .....	27

**LISTA DE CUADROS****PAGINAS**

<b>Cuadro I.</b> Ingredientes de la ración totalmente mezclada (RTM).....	16
<b>Cuadro II.</b> Composición química de la RTM y alfalfa utilizadas.....	17
<b>Cuadro III.</b> Consumo diario de nutrientes y composición química de la dieta en vacas lecheras alimentadas con RTM y pastoreando alfalfa de forma continua durante 8 horas, y dividida en dos sesiones de 4 horas cada una.....	20
<b>Cuadro IV.</b> Digestibilidad aparente de la fracción química del alimento en vacas alimentadas con RTM y pastoreando alfalfa de forma continua durante 8 hs dividida en dos sesiones de 4 hs cada una.....	20

## 1. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la distribución del tiempo de pastoreo sobre los cambios en el consumo (MS, PB, FND y FAD) y digestibilidad de nutrientes (MS, PB y FND) en vacas lecheras alimentadas con ración totalmente mezclada (RTM). Se utilizaron 12 vacas Holando multíparas con  $193 \pm 83$  días de lactancia, un peso vivo de  $584 \pm 71$  kg, las cuales fueron asignadas a tres tratamientos alimenticios, de acuerdo al diseño de cuatro cuadrados latinos simultáneos de  $3 \times 3$ , con períodos de 19 días cada uno, divididos en 12 días de adaptación de los animales, seguido de 7 días de mediciones. El experimento se llevó a cabo en el campo Experimental N° 2 de Libertad, Facultad de Veterinaria, departamento de San José. Los tratamientos evaluados fueron: T0: con acceso a 22 h a RTM, T4+4 con acceso a 14 h a RTM más dos sesiones de 4 horas de acceso a alfalfa luego de cada ordeño, T8: con acceso 14 h a RTM más 8 horas continuas de acceso a alfalfa luego del ordeño pm. Las variables que se midieron fueron consumo de nutrientes y la digestibilidad de nutrientes (utilizando muestras puntuales de heces y utilizando la concentración de FND indigestible como marcador interno). Se observó que el consumo de MS total fue mayor en T0 comparado con T8, siendo T8 en el que consumieron menor cantidad, y en cuanto al consumo de MS de alfalfa fue mayor en T4+4 que en T8. El consumo de PB fue mayor en T0 con respecto a T4+4 y T8, pero no hubo diferencias entre los tratamientos en cuanto al consumo de FND ni FAD. Referido a la digestibilidad de PB fue mayor en T0 respecto a T4+4 y T8, no encontrado diferencias entre los tratamientos en la digestibilidad de MS y FND. Concluimos que distribuir la sesión de pastoreo en la dieta de vacas lecheras conduce a un mayor consumo de alfalfa, permitiendo mantener el consumo de MS total y PB, logrando un consumo similar al de vacas alimentadas sólo con RTM.

## 2. SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the effect of grazing time distribution on change in nutrient intake (DM, CP, NDF and ADF) and nutrient digestibility (DM, CP and NDF) in dairy cows fed a total mixed ration (TMR). We used twelve multiparous Holstein cows with  $193 \pm 83$  days of lactation, live weight of  $584 \pm 71$  kg, which were assigned to 3 food treatments, according to four Latin square design, with periods of 19 days each, in turn divided into 12 days for adaptation and 7 days for measurements. The experiment was conducted at the Experimental Field No. 2, Libertad, Veterinary Medicine School, Department of San José. The treatments evaluated were: T0: access a TMR for 22 hours, T4+4: access a TMR for 14 hours and two grazing sessions after each milking, T8: access a TMR for 14 hours and 8 continuous hours of grazing after pm milking. The variables measured were nutrient intake and nutrient digestibility (using spot samples of stool and using the NDF indigestible concentration as an internal marker). A higher total dry matter intake (DMI) in T0 and T8 was the treatment in which they consume less DM, as soon as alfalfa dry matter intake was greater in T4+4 than in T8. The CP intake was greater in T0 than in T4+4 and T8, no differences were detected in intake of NDF and ADF between treatments. The CP digestibility was greater in T0 than T4+4 and T8, no differences were detected in DM and NDF digestibility. We conclude that the effect of grazing time distribution produces a higher intake of alfalfa, this allows to maintain the total DMI and CP intake, achieving a similar intake to cows fed with TMR.

### 3. INTRODUCCIÓN

En los últimos 10 años, el sector lechero uruguayo ha crecido a una tasa del 4% anual (DIEA, 2017), explicados por un aumento de la productividad por animal, con menos superficie lechera y la misma cantidad de vaca masa. Este proceso de crecimiento está muy relacionado al cambio en la alimentación de los animales, ya que aumentó la cantidad total de alimento ofrecido, especialmente de concentrados en la dieta, aunque las pasturas siguen siendo un componente importante de la misma. Las ventajas de la inclusión de pasturas en la dieta de vacas lecheras se asocian a producir leche a menores costos, con niveles más altos de ácido linoleico conjugado (CLA) en la misma, donde ciertos isómeros, como el ácido ruménico, poseen propiedades beneficiosas para la salud humana (Cajarville y col., 2012).

La producción en nuestro país acompaña la producción estacional de las pasturas, dándose en primavera el pico máximo de producción de leche, seguida por un pico menor, en los meses de otoño. Sin embargo, este tipo de dieta normalmente no permite explotar el potencial genético de producción de leche. Las raciones parcialmente mezcladas (RPM), combinan la pasturas con raciones totalmente mezcladas (RTM), donde los forrajes y concentrados son completamente mezclados y ofrecidos a los animales. Las RPM son una alternativa para maximizar la inclusión de pastura en la dieta sin disminuir el consumo individual y la productividad respecto a dietas RTM (Mendoza y col., 2011).

Sumado a la anterior estrategia, el control del proceso de pastoreo aparece como otra vía tecnológica con gran potencial para lograr la manipulación de la cantidad y tipo de nutrientes disponibles para el rumiante, de manera que produce cambios en la cantidad y calidad del producto obtenido (Chilibroste y col., 2002). Sin embargo, es de destacar que una gran limitante en estos sistemas de alimentación, está relacionada con que, en vacas de alta producción en pastoreo, el consumo total de materia seca disminuye. Por esta razón, las mismas requieren del suministro diario de concentrado energético para cubrir la demanda nutricional de energía, que ha sido identificado como el principal factor limitante para alcanzar el potencial de producción de leche (Kolver y Muller, 1998).

En el desarrollo de estrategias que nos permitan aumentar la incorporación de pasturas en dietas RPM de vacas lecheras de alta producción, sin deprimir el consumo y la productividad, se ha estudiado el uso de la distribución del tiempo diario de pastoreo. En este trabajo se propone conocer en mayor profundidad cómo la distribución del horario de pastoreo de 8 h, en dos sesiones de 4 h afecta el consumo y digestibilidad de los nutrientes en vacas lecheras de alta producción.

## **4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Sistemas de alimentación utilizados en la producción lechera de Uruguay.**

En los últimos 10 años la producción de leche del Uruguay ha tenido un gran crecimiento, sustentado por la mayor productividad por hectárea, ya que la superficie total de tambos cayó un 13%, por lo que el crecimiento se basó en un aumento de la carga animal de los establecimientos, y fundamentalmente en una mayor productividad por vaca masa (DIEA 2007, 2017). Paralelamente, la capacidad de consumo de los animales no ha aumentado en forma proporcional al aumento de la producción de leche, por lo que para poder hacer frente a los mayores requerimientos de nutrientes, es que ha sido necesario incrementar la concentración de éstos en la dieta, particularmente la energía (Eastridge, 2006).

Las vacas lecheras de alta producción (definidas como aquellas que producen más de 25 kg/d de leche en lactancia temprana y alrededor de 20 kg/d en lactancia tardía), no pueden alcanzar su máximo potencial de producción únicamente en base al consumo de pasturas (Bargo y col., 2003). Este hecho es ocasionado por la disminución del consumo total de materia seca, llevando a que las mismas requieran del suministro diario de concentrado energético para cubrir la demanda nutricional (principalmente de energía metabolizable) para la producción de leche (Kolver y Muller, 1998). Sin embargo, el uso exclusivo de RTM, perdería las ventajas competitivas que tienen las pasturas para producir leche a un bajo costo, produciendo el alejamiento de mercados potenciales diferenciados que buscan leche y subproductos de vacas alimentadas sobre pasturas (Gagliostro, 2004).

El uso de RTM busca maximizar el consumo individual, y así ofrecer una dieta con un aporte balanceado de nutrientes y una óptima relación forraje-concentrado. Se minimiza la selectividad por parte de los animales, ya que al combinarse todos los alimentos, se pueden ocultar sabores que provienen de ingredientes menos palatables (Coppock y col., 1981). Este método llevaría al incremento potencial de la producción individual de las vacas lecheras, logrando una mayor independencia de las variaciones climáticas, que son quienes determinan la producción de pasturas de un establecimiento (Mendoza y col., 2011).

A su vez, las dietas RTM generan un ambiente de fermentación ruminal más estable, con menos variación del pH ruminal respecto a dietas en las cuales, pasturas y suplementos son ofrecidos de manera separada. Logrando con la RTM una mayor eficiencia en la digestión de los nutrientes, respecto a si se administraran la pastura y los alimentos concentrados de forma separada (Lammers y col., 2002). Por esta razón proporcionar suplementos a las vacas en pastoreo (RPM) puede conducir a mejores respuestas de producción de leche, en comparación, por ejemplo, con la alimentación únicamente a base de concentrados (Wales y col., 2013).

En vacas alimentadas bajo condiciones de pastoreo, el principal nutriente limitante es la energía. Esto queda de manifiesto en los resultados obtenidos por Bargo y col. (2002a y b) quienes al comparar vacas con alto potencial genético, a las que se les proporcionaba sólo pradera de alta calidad, respecto a otras que consumían sólo RTM, reportaron producciones lácteas de 29,6 y 44,1 kg/d, respectivamente. La diferencia entre ambos grupos fue asociada a un bajo consumo de MS (19,0 vs. 23,4 kg/d) y energía en el tratamiento a base de pasturas. Por otra parte, argumentan que la suplementación con concentrado a vacas mantenidas en pastoreo aumenta el consumo de MS total y la producción lechera, en relación a vacas mantenidas sólo a pastoreo. Sin embargo, destacan que ambos (RPM y sólo pastoreo) sistemas producen menos que cuando se alimenta a los animales exclusivamente con RTM (Bargo y col., 2002b).

Las pasturas utilizadas en nuestro país son principalmente de clima templado: gramíneas C3, leguminosas y sus mezclas (Cajarville y col., 2007). Este tipo de pasturas poseen en general un alto valor nutritivo, variando la composición química con la época del año y el momento del día (Gregorini y col., 2008). Una característica de las pasturas de climas templados es poseer una fracción nitrogenada que es altamente soluble y de muy rápida degradación (Repetto y col., 2005), dando como resultado altas concentraciones instantáneas de N-NH<sub>3</sub> en el rumen. Trabajos recientes indican que tanto la cantidad, como la eficiencia de producción de proteína microbiana, sintetizados a partir de estos forrajes, son altos (Repetto y col., 2009).

La degradabilidad de las fracciones fibrosas (porciones menos degradables de los forrajes) de este tipo de pasturas se ubica en torno al 50-60%, la cual se considera de alta degradabilidad (Repetto y col., 2009). A su vez, los altos contenidos en proteínas solubles y muy degradables, son factores que promueven el crecimiento y desarrollo activo de los microorganismos ruminales (Cajarville y col., 2006).

Por otro lado, los forrajes en estados vegetativos tempranos presentan bajo contenido de MS y relaciones bajas de CH solubles/N. Esto puede resultar en grandes pérdidas de N, las cuales son ocasionadas por la reducida síntesis de proteína microbiana, que lleva a una escasa utilización del amoníaco obtenido de las fermentaciones ruminales (Tebot, 2008). Por lo tanto, la limitante en estos sistemas es la energía, siendo la sustitución parcial y puntual de pasturas de alta calidad por moderadas cantidades de suplementos ricos en energía (30 a 35% MS), una alternativa para mejorar la sincronización entre energía y proteína en el rumen, y a su vez mejorar la fermentación ruminal, minimizando las pérdidas de N, sin afectar la digestión de la fibra (Bargo y col., 2003; Tebot, 2008).

La alimentación de las vacas lecheras en pastoreo, además de las diferencias en calidad del producto final y propiedades nutraceuticas que produce, y al mismo tiempo tiene una intervención positiva sobre el medio ambiente y el bienestar animal (Chaudry, 2008). La leche producida por vacas alimentadas con pasturas presenta

características nutricionales deseables para la salud humana. Es reconocido que el consumo de pasturas disminuye la relación AG saturados/AG poliinsaturados, y que dietas con alta proporción de pasturas favorecen la aparición de niveles más altos de ácido linoleico conjugado (por sus siglas en inglés: CLA) (Cajarville y col., 2012). Estando demostrado que, algunos de estos isómeros tienen propiedades anticarcinogénicas y antiaterogénicas (Gagliostro, 2004; 2008).

El pastoreo de los animales, posee una relación favorable costo/beneficio en relación a sistemas en confinamiento. Ha sido demostrado por Tozer y col., (2003) que el costo de producir un litro de leche disminuye a medida que aumenta la proporción de pastura en la dieta y que, además, los sistemas en confinamiento insumen mayor mano de obra que los sistemas pastoriles. Si bien esto está ampliamente demostrado, el objetivo país debe ser maximizar la producción de leche de la forma más rentable.

#### **4.2 La utilización de dietas RPM.**

Las dietas RPM son dietas que combinan RTM con pastura fresca, pero que se ofrecen de forma separada. Este sistema combina los beneficios de una ración formulada, y mantiene las ventajas de la alimentación pastoril en cuanto a costos de producción (Wales y col., 2013) y calidad del producto final (Chaudry, 2008).

La principal limitante para vacas lecheras de alta producción en pastoreo es el restringido consumo de MS y de energía, lo cual no permite alcanzar el potencial genético de producción lechera, siendo la suplementación una alternativa para mejorar el rendimiento de la lactancia (Bargo y col., 2002a), y el uso del N proveniente de la pastura (Bargo y col., 2002b; Cajarville y col., 2006).

Las dietas RPM producen un gran impacto en la población microbiana del rumen ya que aumenta la cantidad de sustrato utilizado por la misma, observándose una concentración mayor de N en las células bacterianas, y por lo tanto mayores tasas de fermentación ruminal, aumentando sustancialmente el butirato y el valerato, y al mismo tiempo disminuye la pérdida de C como metano ruminal en comparación con dietas solo RTM, aumentando así el suministro de nutrientes posruminales (Vibart y col., 2010).

Trabajos nacionales (Santana y col, 2011; Fajardo y col, 2015; Mendoza y col, 2016) han estudiado dietas RPM en vacas lecheras y vaquillonas de raza carnífera. El consumo de MS de los animales con dietas RPM aumentó hasta niveles de más de 3,5% del Peso Vivo (PV), 24% superiores al nivel de consumo de los animales alimentados únicamente con RTM, y 44% superiores a los niveles de consumo alcanzados por los animales alimentados con pasturas como único alimento (Santana y col., 2011).

#### **4.3 Restricción del tiempo de pastoreo. Efectos sobre consumo y digestibilidad de nutrientes.**

El consumo voluntario es la cantidad de alimento ingerido por un animal durante un periodo de tiempo determinado, en el cual tienen libre acceso al alimento (Forbes, 2007). Los factores principales que afectan el consumo de alimento en la vaca, son el tamaño corporal, la producción de leche, la composición y forma física de la dieta, y el tiempo de acceso al alimento (Bines, 1983).

La restricción en el tiempo de acceso a la pastura es una medida de manejo que podría contribuir a una mayor producción y utilización de las pasturas, evitando el daño por pisoteo de los animales. Se han realizado diversos trabajos estudiando específicamente el efecto de la restricción del tiempo de acceso al alimento sobre el consumo y aprovechamiento digestivo de los nutrientes (Chilibroste y col., 2007; Fajardo y col., 2015; Mendoza y col., 2016 a y b; Félix y col., 2017).

Según Félix y col. (2017) en vaquillonas de carne en pastoreo, hubo una disminución lineal del consumo de MS, y menor retención de N, cuando el tiempo diario de acceso a la pastura disminuyó de 24 h a 4 h. Esta disminución en el consumo de nutrientes logro ser parcialmente compensada a partir de las 6 h de acceso a la pastura. En el mismo sentido Kristensen y col. (2007) en su estudio en vacas lecheras consumiendo dietas RPM, encontraron que los animales no lograron compensar los efectos de la restricción sobre el consumo, cuando el tiempo de acceso al forraje fue menor a 8 h.

Del mismo modo, Mattiauda y col. (2012) obtuvieron en su estudio con vacas lecheras, que al reducir el tiempo de acceso a la pastura de 8 h a 4 h disminuyó el consumo de MS y producción de leche. Sin embargo, una restricción del tiempo de acceso a la pastura mayor o igual a 8 h de pastoreo permitiría compensar hasta en un 90% el consumo de MS respecto a un acceso de 24 h de pastoreo. Afectando también la digestibilidad del forraje, debido a una menor selección de los alimentos, ocurrida por el aumento en la tasa de ingestión (Ginane y Petit, 2005).

El efecto de restringir el período de acceso a la pastura en vacas lecheras, puede llevar a un aumento en la tasa de consumo (consumo de MS) y en la proporción de tiempo pastoreando, como mecanismos adaptativos frente a la restricción. Al mismo tiempo aumenta la producción y utilización de la pastura, al reducir los efectos negativos de las vacas en la parcela, como ser el pisoteo y ensuciamiento (Mattiauda y col., 2012). Dependiendo del tiempo de restricción de acceso, en algunos casos, les permitió a los animales mantener los niveles de consumo (Félix y col., 2017).

Fajardo y col. (2015), en su trabajo con diferentes tiempos de acceso a la pastura (6 y 9 h continuas; P1 y P2 respectivamente), y comparando con una dieta 100% RTM (DTM), no encontraron diferencias en el consumo de MS total entre los diferentes tratamientos. Sin embargo, el consumo de RTM fue mayor en el tratamiento DTM,

siguiéndolo el tratamiento P1, y finalmente el P2. En cuanto al consumo de pastura, el tratamiento P2 fue el que registró mayor consumo.

Mendoza y col (2016b) variando el tiempo de acceso a la pastura (4 y 8 h continuas; T4 y T8 respectivamente) y comparando con un tratamiento 100% RTM (T0), observaron que los animales de T4 presentaron un consumo de MS total mayor que el tratamiento T8, y entre los tratamientos T4 y T0 no hubieron diferencias.

Otro de los factores que limita el consumo en rumiantes en pastoreo, es la digestibilidad, que va a depender tanto del contenido de pared celular como de su disponibilidad para ser digerida, como del volumen estructural (contenido de FND) del forraje (Forbes, 2007). Un exceso de fibra disminuye el consumo y una deficiencia afecta la digestión ruminal (Bargo y col., 2002a; Church 1993). Los animales consumen hasta completar una cierta capacidad de almacenar FND en el rumen y una vez que el pool de FND ha sido reducido a través de los procesos de degradación y pasaje, el animal está en condiciones de volver a consumir (Van Soest y col., 1994).

La digestibilidad hace referencia a la fracción de un determinado alimento o dieta que desaparece durante su paso a través del conducto gastrointestinal; es lo que el animal digiere y absorbe de ese alimento. Las pérdidas fecales de energía representan la pérdida individual más importante en la utilización de los alimentos, resultando importante su cuantificación para asignar valores energéticos significativos a distintos alimentos (Church, 1993).

Bargo y col. (2002a), trabajando con vacas lecheras alimentadas sólo con RTM, pastura más RTM y pastura más concentrado (PC), no encontraron diferencias significativas en la digestibilidad de MS, pero la digestibilidad de FND y PB en el tratamiento sólo RTM fue menor comparada con vacas alimentadas con RPM. Sin embargo, Pomiés, (2014) en su trabajo con vacas lecheras alimentadas en un grupo 100% RTM; 75% RTM y 25% FF; y 50% RTM y 50% FF, obtuvo una tendencia a lograr mayor digestibilidad de la FND en el tratamiento 100% RTM comparando con el tratamiento 75% RTM y 25% FF.

Mendoza y col. (2016a) no encontraron diferencias significativas en cuanto a digestibilidad de los diferentes nutrientes (MS, FND y PB) entre los tratamientos (T0, T4 y T8). Sin embargo, Santana (2012) en su trabajo con vaquillonas de carne con tres tratamientos diferentes: acceso solo a RTM, acceso solo a FF, y acceso a 12 h de RTM más 6 h de acceso a FF, se evidenció que en el tratamiento de acceso solo a FF aumentó la digestibilidad de FND y FAD, mientras que en la digestibilidad de MS no se obtuvieron diferencias.

Coincidiendo con los datos obtenidos por Vibart y col. (2010) en su trabajo in vitro en el cual observaron que a medida que aumentaban la proporción de FF en una dieta de base RTM, la digestibilidad aumentaba de forma lineal. Por el contrario, Sorder y col., (2013), trabajando con dietas solo RTM, solo FF y 50% FF más 50% RTM,

obtuvieron que las dietas RTM disminuyeron la digestibilidad de MS y FND, posiblemente asociado al menor pH que produce las dietas RTM.

#### **4.4 Distribución del tiempo de pastoreo. Efectos sobre consumo y digestibilidad de nutrientes.**

En cuanto al aporte de nutrientes realizado por la pastura, podría verse mejorado por dos vías: un aumento en el consumo de la misma (kg MS), y/o un aumento en la concentración de nutrientes de la pastura (kg nutriente/ kg MS) (Gregorini y col., 2009). Una mayor frecuencia de asignación de pasturas produce un estímulo mayor a pastorear, llevando a incrementos en el consumo (Abrahamse y col., 2009); mientras que los cambios en la concentración de nutrientes podría realizarse mediante la asignación de horarios de pastoreo que capturen los ritmos circadianos de nutrientes en el forraje (Cajarville, 2012).

El distribuir el acceso al pastoreo en distintos momentos del día, genera distintos patrones de ingestión y aporte de nutrientes, siendo un factor útil para incentivar la conducta ingestiva de los animales (Gregorini y col., 2008). La distribución del tiempo de pastoreo en dos sesiones puede contribuir a aumentar el consumo de materia seca total en vacas lecheras (Dall-Orsoletta y col. 2016), debido al aumento de la eficiencia de pastoreo, que se basa fundamentalmente en el uso de una mayor proporción del tiempo en actividad de pastorear (Kennedy y col., 2009). En su trabajo Kennedy y col. (2009) utilizando raygrass como pastura, observó que al distribuir el tiempo de pastoreo de 9 hs en dos sesiones (4,5 + 4,5 h), aumento un 0.8 kg el consumo de MS de la pastura.

A su vez, las sesiones más largas de pastoreo se producen en el pastoreo vespertino (pm); este comportamiento puede contribuir a una respuesta a la mayor densidad energética de las pasturas al final del día. Existe una mayor concentración de azúcares solubles en la tarde (pm), lo que a su vez mejora la digestibilidad de la fibra, aumenta el contenido de MS y disminuye el contenido de agua de la pastura (Cajarville, 2007; Gregorini, 2008; Kennedy, 2009; Vibart, 2010). Según Cabrera y col., (2004) el consumo voluntario de MS de vacas lecheras alimentadas con pasto fresco aumenta a medida que disminuye el contenido de agua interna del mismo.

## **5 HIPÓTESIS**

Es posible incluir 8 h de acceso de pastoreo de alfalfa en dietas RPM sin deprimir el consumo y la producción de leche, respecto a una dieta exclusivamente RTM.

Adicionalmente la distribución de 8 h de pastoreo en 2 sesiones de 4 h, aumentará el aporte de nutrientes realizado por la alfalfa y/o la digestibilidad de los nutrientes.

## **6 OBJETIVOS**

### **6.1 Objetivo general**

- Evaluar el efecto de la inclusión de 8h de acceso a un pastura de alfalfa y la distribución del horario en dos sesiones de 4h, en dietas RPM de vacas lecheras de alta producción, sobre el consumo y la digestibilidad de los nutrientes.

### **6.2 Objetivos específicos**

Evaluar en vacas lecheras de alta producción:

- La inclusión de 8 h de acceso al pastoreo de alfalfa sobre el consumo y digestibilidad de nutrientes (MS, PB, FDN, FDA) respecto a una dieta RTM.
- El efecto del fraccionamiento de 8 h de pastoreo en alfalfa (en dos sesiones de 4 h) sobre el consumo y la digestibilidad de nutrientes.

## 7 MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1 Animales, alimento y manejo

Para este experimento las vacas fueron seleccionadas por días en leche ( $193 \pm 83$  días en leche), peso vivo, número de lactancias, condición corporal en la escala de 5 puntos de Edmonson y col, (1989) y producción. Se utilizaron doce vacas Holstein multíparas en lactancia media, con 584 kg ( $\pm 71$ kg) de peso vivo tomadas del rodeo de la Estación Experimental N° 2 de la Facultad de Veterinaria en el departamento de San José, Uruguay (S  $34^{\circ}$ ,  $40'$ , W  $56^{\circ}$   $32'$ ). Nueve vacas fueron provistas de catéteres ruminales semipermanentes y collares (Heatime ®, HR-Tag™) para registrar el tiempo de rumia.

El ensayo se condujo de acuerdo con los reglamentos sobre el uso de animales en experimentación, enseñanza e investigación de la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (C.H.E.A), UdelaR, Uruguay, en el marco de un protocolo de investigación aprobado por la Comisión de Experimentación en el Uso de Animales (CEUA), número de protocolo CEUAFVET-351. Las vacas se alojaron en bretes individuales, con un comedero y un bebedero, se les realizó dos ordeñes por día (0700 y 1800) y luego se ubicaron en sus respectivos bretes según el tratamiento que estén asignados.

Cada vaca pasó por tres tratamientos alimenticios, en un diseño de cuatro cuadrados latinos simultáneos de 3x3. Dentro de cada cuadrado, cada vaca fue asignada al azar a una secuencia específica de tratamiento preestablecida. Un tratamiento tuvo acceso durante 22 h a RTM (**T0**), otro tratamiento tuvo acceso durante 14 horas a la misma RTM sumado a 8 horas continuas de acceso a alfalfa después del ordeño pm (**T8**), y el tercer tratamiento tuvo un acceso durante 14 horas a la misma RTM más dos sesiones de 4 horas de acceso a alfalfa después de cada ordeño (**T4+4**).

La duración total de la parte experimental fue de 57 días, distribuidos en tres períodos experimentales de 19 días, cada período constó de 12 días de adaptación de los animales a los tratamientos, seguido de 7 días de mediciones y colecta de información.

La RTM se formuló de acuerdo a las recomendaciones de NRC (2001) para cubrir los requerimientos de una vaca de 600 kg de peso, produciendo de 28 a 35 kg/d de leche. Los ingredientes se compusieron de ensilaje de maíz de planta entera, grano seco de maíz molido, harina de soja peleteada y aditivos. La cantidad de alimento se asignó a cada animal en función del consumo potencial individual, el cual se determinó 10 días previos al inicio del experimento. Los cambios en las dietas se realizaron progresivamente durante cada período de adaptación.

La pastura utilizada en T8 y T4+4 fue de alfalfa, (*Medicago Sativa*, *Crioula*) de alta calidad, con una composición química (según bibliografía) de 18 a 24% de materia

seca, 18 a 25% de PB, del 40 al 50% de FDN, y 1,53 a la 1,67 Mcal/Kg MS de ENL (Clark y Kanneganti, 1998).

### **Cuadro I. Ingredientes de la ración totalmente mezclada (RTM)**

	% de la MS
Silo de Maíz	58,48
Grano de Maíz molido	14,62
Harina de soja	24,37
Urea	0,39
Premezcla Vitamínico - Mineral <sup>1</sup>	1,46
Polisiloxano <sup>2</sup>	0,19
Oxido de magnesio	0,24
Bi carbonato de sodio	0,24

<sup>1</sup>Rovimix® Lecheras, DSM Nutritional Products Ltd. Basilea, Suiza.

<sup>2</sup>Teknamix® Vacas Lecheras, Teknal, Nutrición Animal

### **Cuadro II. Composición química (base seca) de la RTM y alfalfa (*Medicago sativa*) utilizadas en el trabajo**

	RTM	Alfalfa	Grano de maíz	Silo de maíz	Harina de soja
MS	36,65	18,39	88,08	36,10	88,84
PB	22,15	20,66	8,35	8,94	46,52
FND	32,20	35,58	14,83	52,08	14,78
FNA	20,87	27,13	4,47	32,31	11,75

MS- Materia seca; PB- proteína bruta; FDN- fibra detergente neutro; FDA- fibra detergente ácido

## **7.2 Mediciones**

### Consumo de nutrientes

Durante el día 1 al 5 de cada período se determinó el consumo individual diario de RTM y pastura. El consumo de RTM se midió por diferencia de peso entre la cantidad total de alimento ofrecido y rechazado por el animal. Los animales con acceso a alfalfa, fueron alojados en franjas individuales. La pastura mediante corte con una cortadora de césped, a 5 cm del suelo, 5m<sup>2</sup> del área individual asignada de pastoreo al ingreso y a la salida de los animales se cortaba un 5% del área asignada. Se tomaron muestras del rechazo de RTM cuando superaba el 20% de lo ofrecido. En caso que algún animal individual rechazara más del 20% del alimento ofrecido, se tomó una muestra representativa del alimento rechazado. Se identificaron según correspondía. Tanto el alimento ofrecido como el rechazado, se congelaron a -20°C para su posterior análisis de composición química.

### Composición química de los alimentos

Las muestras compuestas de RTM y alfalfa de cada período fueron secadas en estufa a 60°C, y se molieron en un molino con tamaño de malla de 1 mm. Previo a su análisis se determinó el contenido de MS, cenizas, MO (100-% cenizas), PB (N x

6.25) según (AOAC, 1990), nitrógeno insoluble en detergente ácido (Licitra et al., 1996), FND, FAD y lignina ácido detergente de acuerdo con la técnica descrita por Robertson y Van Soest (1981), usando un analizador de fibra Ankom220 (Ankom Technology Corp. Fairport, NY, USA). Los análisis realizados en heces (MS, cenizas, FND, FAD) fueron los mismos que para los alimentos. Todas las muestras se analizaron por triplicado, aceptando coeficientes de variación entre análisis del 3 al 5 % según el parámetro.

La concentración de ENL de cada alimento se calculó de acuerdo al NRC, (2001) usando información de la composición química de los alimentos, del consumo real y de las características individuales de cada vaca en cada período.

### Digestibilidad

La digestibilidad se estimó para cada animal usando el dato de fibra neutro detergente indigestible (FNDi) como un marcador interno, de la forma sugerida por Huhtanen y col. (1994) para estimar la cantidad diaria de materia fecal producida. Los días 2 y 3 de cada período se tomaron dos muestras de heces de cada vaca, directamente del recto (de 200 g aproximadamente cada una), 6 horas antes y 6 horas después del inicio de la primera oferta de comida. Una vez obtenidas las muestras identificadas, éstas se congelaron a -20°C hasta su procesamiento.

Las muestras se descongelaron a temperatura ambiente, posteriormente fueron secadas a 60°C hasta peso constante y molidas a 2 mm. Una vez secas, se mezclaron las 4 submuestras de heces para formar un pool por vaca y por período. De ese pool se tomaron 5 g de muestra y se colocaron en bolsas Dacron de 10 x 20 cm, con una relación de 10-15 mg/cm<sup>2</sup>, y con poros de 30-50 micrones, previamente secadas en la estufa, luego selladas con calor. Se repitió el paso anterior con muestras compuestas de la RTM y la pastura, tanto la oferta como el rechazo que fueron procesados de la misma forma que para las heces.

Todas las bolsas se incubaron en el rumen de dos vacas secas con fístulas en rumen, alimentadas durante 12 días consecutivos, con una dieta compuesta según Norfor, (2007), con una relación heno/ concentrado de 67/33, y un contenido de PB en el concentrado mayor a 12%MS (éste concentrado contenía mínimo tres fuentes de proteína). Una vez que las bolsas son retiradas del rumen, fueron lavadas con agua corriente fría durante 15 minutos y posteriormente secadas a 60°C en la estufa. Al retirarlas se pesaron y con el contenido se realizó el análisis de FND (Van Soest y col., 1991).

Se consideró FND indigestible (FNDi) como marcador interno, según lo descrito por Huhtanen y col. (1994), siendo el contenido de FND el residuo no digerido tras incubación in situ de las bolsas por 12 días consecutivos. La excreción de heces de cada animal se estima dividiendo el consumo diario de FND indigestible y su concentración en las heces.

Los coeficientes de digestibilidad aparente de la MS, N, FDN y FDA en todo el tracto digestivo se calcularon como:  $([\text{consumo (g/día)} - \text{excreción fecal (g/día)}] / \text{consumo (g/día)}) \times 100$ . La digestibilidad de MS y MO se determinó a partir de los análisis de composición química, la concentración de materia seca y cenizas en los alimentos y en las heces.

### 7.3 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con la versión 9.0 del software de SAS (SAS Institute Inc, Cary, NC, EE.UU.). Los datos fueron sometidos inicialmente a un análisis para detectar valores atípicos y para comprobar la normalidad de los residuales mediante procedimientos univariantes (PROC UNIVARIATE).

Los datos de consumo de nutrientes y digestibilidad de nutrientes fueron adaptados con el paquete estadístico SAS (versión 9.0, SAS Institute INC., Cary, NC, USA). Utilizándose el modelo PROC MIXED:

$$Y_{ijklm} = \mu + C_i + V_j(C_i) + P_k + T_l + H_m + T_l \times H_m + e_{ijklm},$$

donde  $Y_{ijklm}$  es la variable dependiente,  $C_i$  es el efecto aleatorio del cuadrado,  $V_j(C_i)$  efecto de vaca dentro del cuadrado,  $P_k$  efecto aleatorio del período,  $T_l$  el efecto fijo del tratamiento,  $H_m$  efecto fijo de la hora,  $T_l \times H_m$  efecto fijo de la interacción del tratamiento x la hora y  $e_{ijklm}$  es el error residual.

Las medias de todos los parámetros evaluados fueron comparadas mediante el test de Tukey. Se aceptaron como diferencias significativas valores de P inferiores o iguales a 0,05 y como tendencia valores de P mayores a 0,05 y menores a 0,1.

## 8. RESULTADOS

En el Cuadro II se presentan los resultados de la composición química tanto de RTM como de alfalfa y en el Cuadro III se presenta el consumo de nutrientes de la dieta para los distintos tratamientos. El consumo de MS de alfalfa fue mayor (14,5% superior) para el tratamiento T4+4 con respecto a T8.

Los consumos totales de MS presentaron diferencias entre T0 y los tratamientos con asignación de alfalfa (T4+4, T8). Los animales con T0 fueron los que consumieron mayor cantidad de MS, siendo T8 el tratamiento en el cual los animales consumieron menor cantidad de MS.

Con respecto a él consumo de RTM, los animales en T0 consumieron el doble de RTM que los animales con asignación de pasturas (T4+4 y T8).

El consumo de PB fue mayor para el tratamiento T0 con respecto a T4+4 y T8. Los porcentajes de PB en relación a la dieta total no fueron diferentes, presentando un valor promedio de 20,7% de MS.

El porcentaje de FND y FAD fue mayor en los tratamientos con pastoreo (T4+4 y T8) que en T0. No hubo diferencias entre los tratamientos con respecto al consumo de FND y FAD.

**Cuadro III.** Composición de la dieta y consumo diario de distintas fracciones del alimento de vacas lecheras alimentadas con RTM y diferentes asignaciones al pastoreo de alfalfa (T0, T4+4, T8)

	T0	T4+4	T8	EEM	Valor p
<b>Consumo de alimentos y nutrientes (kg/día)</b>					
MS- Alfalfa	0 <b>c</b>	8,18 <b>a</b>	6,99 <b>b</b>	0,266	0,0001
MS- RTM	23,26 <b>a</b>	13,51 <b>b</b>	12,43 <b>b</b>	0,801	0,0001
MS- Total	23,26 <b>a</b>	21,7 <b>ab</b>	19,41 <b>b</b>	0,839	0,0259
PB	5,13 <b>a</b>	4,68 <b>ab</b>	4,21 <b>b</b>	0,171	0,0184
FND	7,48	7,32	6,55	0,301	0,1139
FDA	4,85	5,11	4,54	0,205	0,1978
<b>Composición de la dieta (%MS)</b>					
FND	32,1 <b>b</b>	33,7 <b>a</b>	33,7 <b>a</b>	0,39	0,0114
FDA	20,6 <b>b</b>	23,6 <b>a</b>	23,4 <b>a</b>	0,33	<0,0001
PB	22,15 <b>a</b>	21,5 <b>b</b>	21,6 <b>b</b>	0,05	<0,0001

EE – error estándar de las medias; Valor p – nivel de significancia, dentro de una fila, las medias con diferentes superíndices son diferentes (P <0.05). Tratamientos: T0= 24h de acceso a RTM; T4+4= el acceso a la alfalfa se fraccionó en dos sesiones de 4h con 16 h de acceso a RTM; T8= 8 h corridas de acceso a la alfalfa con 16 h de acceso a RTM.

En el Cuadro IV se presentan los % de digestibilidad de los nutrientes para los distintos tratamientos. En la digestibilidad de MS no se detectaron diferencias. Para la fracción FND no se detectó diferencias en la digestibilidad de los diferentes

tratamientos. La digestibilidad de PB de los animales de T0 tendió a ser superior respecto a los animales de T4+4.

**Cuadro IV.** Digestibilidad aparente de las distintas fracciones del alimento en vacas alimentadas con RTM y pastoreando alfalfa de forma continua o dividida en dos sesiones (T0, T4+4, T8)

	T0	T4+4	T8	EEM	Valor p
Digestibilidad (%)					
MS	68,85	64,67	65,51	1,652	0,2191
FND	51,04	46,51	50,98	2,658	0,4278
PB	75,50 <b>a</b>	70,55 <b>b</b>	71,79 <b>ab</b>	1,534	0,0992

EE – error estándar de las medias. Valor p – dentro de una fila medias con diferentes superíndices son diferentes (P <0.05). Tratamientos: T0= 24h de acceso a RTM; T4+4= el acceso a la alfalfa se fraccionó en dos sesiones de 4h con 16 h de acceso a RTM; T8= 8 h corridas de acceso a la alfalfa con 16 h de acceso a RTM.

## 9. DISCUSIÓN

Con respecto al consumo de pastura los animales en el tratamiento T4+4 consumieron 1,2 kg MS más que en el tratamiento T8 (Cuadro III). Esto puede atribuirse, según Rook y col. (1994), a que en ambientes de temperaturas templadas, el 80% del pastoreo se realiza en horas de luz, lo cual es concordante con que el tratamiento T4+4 consumiera más cantidad de MS, ya que tuvo mayor acceso a la pastura en horas luz. Como parte de nuestro experimento, formando parte de otra tesis, se evaluó el comportamiento ingestivo de los animales, observándose que los animales en T4+4 destinaron un 32,6% de la sesión de pastoreo a consumir pastura, mientras que en T8, solo se destinó un 27,4%.

Los resultados de consumo de MS total del presente trabajo son opuestos a reportes previos donde a medida que se incluye pasturas en la dieta, el consumo de MS total disminuye (Kolver y Muller, 1998; Bargo y col., 2002b; Vibart y col., 2008; Pastorini, 2016). En el trabajo reportado por Vibart y col. (2008) existió una disminución lineal en consumo de MS a medida que aumentaba la inclusión de pastura de buena calidad, por encima de un nivel de 35% de MS total en vacas alimentadas con RTM. Sin embargo, Morales y col. (2010) no encontraron diferencias en el consumo de MS total en vacas lecheras alimentadas con RTM ad libitum y combinaciones de 0, 6 y 12 hs de acceso a la pastura; los autores atribuyen este resultado al adecuado consumo de energía suministrado por la pastura utilizada.

La distribución del horario de pastoreo (T4+4) afectó de manera positiva el consumo de MS, ya que para compensar la menor ingesta de RTM, los animales consumieron mayor proporción de alfalfa (38% vs 36%; T4+4 y T8 respectivamente), haciendo que se igualara el consumo de MS total. Esto podría explicarse debido a que cuando las sesiones de pastoreo son cortas, generalmente resultan en periodos de pastoreo inicial más largos, mayores tasas de ingestión y menor tiempo de rumia durante la sesión de pastoreo (Chilibroste, 1999; Soca, 1999).

En el experimento realizado por Dall-Orsoletta y col. (2016) se obtuvieron resultados similares. Estos autores instauraron un tratamiento que distribuía el horario de pastoreo (T3+3h), el cual aumentó el consumo de pastura comparado con T6 (6h continuas). Los autores justifican este resultado por el aumento del tiempo dedicado a pastorear, debido al estímulo que produce la mayor frecuencia de acceso a la pastura. Además otros autores reportan una tasa de bocado superior cuando se fraccionó el pastoreo (Abrahamse y col., 2009; Kennedy y col., 2009).

En el tratamiento T8 del presente experimento, existieron restricciones que le impidieron a los animales alcanzar un adecuado consumo de MS; estos hallazgos podrían estar relacionados al bajo contenido de MS de la pastura (18,39% MS) (Cabrera y col., 2004; Mendoza y col., 2016b) que no pudo ser compensado como en el tratamiento T4+4. En base a los resultados de comportamiento del presente experimento, pero como parte de otra tesis (sin publicar), se observó que el tiempo de rumia fue mayor en T4+4 que en T8 (0,333 vs 0,313,  $p=0,01$ ), así como también,

en T8 el tiempo dedicado a desplazarse tuvo una mayor tendencia con respecto a T4+4 (0,029 vs 0,021,  $p=0,06$ ).

La diferencia encontrada en el consumo de PB (kg/día) está sustentada principalmente en las diferencias en el consumo de MS total, siendo los tratamientos T0 y T4+4 los que presentaron mayores consumos de PB (5,13 vs 4,68 respectivamente). Aunque son destacables las diferencias que existieron en el porcentaje de PB de la dieta, ocurridas por la composición química específica de la RTM y la alfalfa (22,15 vs 20,6; RTM y alfalfa respectivamente) (Cuadro II).

A pesar de que la alfalfa tenía 3,4 puntos porcentuales más de FND que la RTM, el consumo de FND (kg/día) fue igual para los tres tratamientos. La similitud con el consumo de FND coincide con lo reportado por Kolver y Muller (1998), quienes en su experimento con vacas lecheras, alimentadas con pasturas o con RTM, no encontraron diferencias significativas en el consumo FND. En nuestro experimento el consumo de FND total fue de 1,28%PV (porcentaje de peso vivo), 1,25%PV, 1,12%PV (T0, T4+4 y T8 respectivamente). Si tomamos como referencia que según Mertens y col. (1994), la capacidad potencial de consumo de FND en vacas lecheras de alta producción es de 1,25% PV, en el presente estudio el consumo de FND podría haber limitado el consumo voluntario de MS. Otros factores que pudieron haber reducido el consumo voluntario de MS, son el alto contenido de agua interna de las pasturas (bajo porcentaje MS) (Cabrera y col., 2004), y/o la alta concentración de productos de la fermentación ruminal (AGV) (Chilibroste y col., 2007). En el tratamiento T8 los animales presentaron menor valor de pH, comparado con los animales de T0 (6,19 vs 6,31, respectivamente)(sin publicar).

En cuanto a la digestibilidad de MS, no se observó diferencias significativas entre los tratamientos coincidiendo con Pastorini (2016) y Mendoza y col. (2016b). A diferencia de lo reportado por Vibart y col. (2010), donde obtuvieron un aumento lineal en la digestibilidad total de la dieta cuando la proporción de raigrás fresco aumentaba en una dieta base RTM. Sin embargo, Bargo y col. (2002a), trabajando con vacas lecheras alimentadas sólo con RTM, pastura más RTM y pastura más concentrado (PC), no encontraron diferencias en la digestibilidad de MS y PB, pero la digestibilidad de FND en el tratamiento sólo RTM fue menor comparada con vacas alimentadas con RPM. Coincidiendo con Santana (2012), en su trabajo con vaquillonas de carne alimentadas sólo con RTM, sólo con FF, o RPM, no observó diferencias en la digestibilidad de MS entre los tratamientos, pero sí encontró que la digestibilidad de FND y FAD fue mayor para el tratamiento sólo FF.

Esto posiblemente se deba al menor pH ruminal, que lleva a que la actividad de las bacterias celulolíticas disminuya y consecuentemente la digestión de la fibra se encuentre reducida (McDonald, 2006) en T4+4, además la inclusión de pasto en T4+4 y T8 explica esta diferencia debido a la fibra altamente digestible de la pastura de buena calidad. Sin embargo, como parte de nuestro experimento (sin publicar) reportó que el pH promedio (6,2) en los tratamientos no estuvo por debajo de los

valores que comprometen la digestión de la fibra, (de Veth y Kolver, 2001). Esto refuerza (51,04, 46,51, 50,98; T0, T4+4y T8 respectivamente) que no se detectaran diferencias en la digestibilidad de FND. El uso de aditivos en los ingredientes de la RTM para prevenir episodios de acidosis puede contribuir a mantener el pH ruminal en estos valores óptimos para la microbiota fibrolítica (Mendoza y col., 2016b).

## **10. CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos indican que distribuir en dos sesiones el pastoreo en la dieta de vacas lecheras, conduce a una mayor ingesta de alfalfa, permitiendo mantener el consumo de materia seca total y de PB, respecto al de las vacas alimentadas sólo con RTM. Sin embargo, no hubo efecto de la distribución del pastoreo sobre la digestibilidad aparente de nutrientes.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- 1- A.O.A.C., (1990). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of analysis. 15a ed. Arlington AOAC, 1030 p.
- 2- Abrahamse, PA; Tamminga, S; Dijkstra, J. (2009) Effect of daily movement of dairy cattle to fresh grass in morning or afternoon on intake, grazing behaviour, rumen fermentation and milk production. *J. Agric. Sci.* 147:721-730.
- 3- Bargo, F; Muller, LD; Varga, GA; Delahoy, JE; Cassidy, TW. (2002a) Ruminant 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.
- 4- Bargo, F; Muller, LD; Delahoy, JE; Cassidy, TW. (2002b) Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 85:2948-2963.
- 5- 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.
- 6- Bines, JA. (1983) Consumo voluntario de alimentos. En: Broster, WH; Swan, H. Estrategia de alimentación para vacas lecheras de alta producción. Mexico, AGT, p. 21-34.
- 7- Cabrera Estrada, JI; Delagarde, R; Faverdin, P; Peyraud, JL. (2004) Dry matter intake and eating rate of grass by dairy cows is restricted by internal, but not external water. *Anim Feed Sci Technol.* 114:59-74.
- 8- Cajarville, C; Aguerre, M; Repetto, JL. (2006) Rumen pH, NH<sub>3</sub>-N concentration and forage degradation kinetics of cows grazing temperate pastures and supplemented with different sources of grain. *Anim Res* 55:511-520.
- 9- Cajarville, C; Britos, A; Caramelli, A; Antúnez, M; Zanoniani, R; Boggiano, P; Repetto, JL. (2007) El horario de corte y el tipo de metabolismo fotosintético afectan la relación azúcares/nitrógeno de las pasturas. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 15(Supl 1):408-409.
- 10- Cajarville, C; Mendoza, A; Santana, A; Repetto, JL. (2012) En tiempos de intensificación productiva... ¿Cuánto avanzamos en el conocimiento de nuevos sistemas de alimentación de la vaca lechera?. *Veterinaria (Montevideo)* 48(Supl 1):35-39.
- 11- Chaudry, AS. (2008) Forage based animal production systems and sustainability, an invited keynote. *Rev Bras. Zootec.* 37(Supl E): 78-84.
- 12- Chilibroste P, Soca P, Mattiauda DA. (1999) Effect of the moment and length of the grazing session on: Milk production and pasture depletion dynamics. Proceedings of the international symposium on grassland ecophysiology and grazing ecology, Curitiba, Brazil, p. 292-295.
- 13- Chilibroste, P. (2002) Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño- invernal. XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay, p. 90-96.

- 14-Chilibroste, P; Soca, P; Mattiauda, DA; Bentancur, O; Robinson, PH. (2007) Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. *Aust J Exp Agric* 47:1075-1084.
- 15-Church, CD. (1993). *El Rumiante: Fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza, Acribia, 641 p.
- 16-Clark, DA; Kanneganti, VR. (1998) Grazing management systems for dairy cattle. En: Cherney, JH; Cherney, DJR. *Grass for Dairy Cattle*. Oxon, CAB, p. 311-334.
- 17-Coppock, CE; Bath, DL; Harris, B. (1981) From feeding to feeding systems. *J. Dairy Sci.* 64:1230-1249.
- 18-Dall-Orsoletta, AC; Almeida, JG; Carvalho, PC; Savian, JV; Ribeiro, HM. (2016) Reyegrass pasture combined with partial total mixed ration reduces enteric methane emissions and maintains the performance of dairy cows during mid to late lactation. *J. Dairy Sci.* 99:4374-4383.
- 19-De Veth, MJ; Kolver, ES. (2001) Diurnal variation in pH reduces digestión and synthesis of microbial protein when pasture is fermented in continuous culture. *J. Dairy Sci.* 84:2066-2072.
- 20-DIEA. (2017). *Anuario Estadístico Agropecuario*. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/diea-anuario2017web01a.pdf> Fecha de consulta: 30 de mayo del 2018.
- 21-Eastridge, ML. (2006) Major advances in applied dairy cattle nutrition. *J. Dairy Sci.* 89:1311-1323.
- 22-Edmonson, AJ; Lean, IJ; Weaver, LD; Farver, T; Webster, G. (1989) A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:68-78.
- 23-Fajardo, M; Mattiauda, DA; Motta, G; Genro, TC; Meikle, A; Carriquiry, M; Chilibroste, P. (2015) Use of mixed rations with different access time to pastureland on productive responses of early lactation Holstein cows. *Livest. Sci.* 181:51-57.
- 24-Felix, A; Repetto, JL; Hernández, N; Perez-Ruchel, A. (2017) Restricting the time of access to fresh forage reduces intake and energy balance but does not affect the digestive utilization of nutrients in beef heifers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 226:103-112.
- 25-Forbes, JM. (2007) Integrative theories of food intake control. En: Forbes, JM. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. 2ª Ed. Wallingford, RU, p. 188-203.
- 26-Gagliostro, GA. (2004) Control nutricional del contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en leche y su presencia en alimentos naturales funcionales. *Rev. Arg. Prod. Animal*, 24(3-4):113-136.
- 27-Gagliostro, GA. (2008) Manejo nutricional para la producción de leche con alto impacto sobre la salud humana. XXXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay, p. 64-78.
- 28-Ginane, C; Petit, M. (2005) Constraining the time available to graze reinforces heifers' preference for sward of high quality despite low availability. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 94:1-14.
- 29-Gregorini, P; Gunter, SA; Beck, PA. (2008) Matching plant and animal processes to alter nutrient supply in strip-grazed cattle: Timing of herbage and fasting allocation. *J. Anim. Sci.* 86:1006-1020.

- 30-Gregorini, P; Soder, KJ; Kensinger, RS. (2009) Effects of rumen fill on short-term ingestive behavior and circulating concentrations of ghrelin, and glucose of dairy cows foraging vegetative micro- swards. *J. Dairy Sci.* 92:2095–2105.
- 31-Huhtanen, P; Kaustell, K; Jaakkola, S. (1994) The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48:211-227.
- 32-Kristensen, T; Oudshoorn, L; Munksgaard, L; Søgaard, K. (2007) Effect of time at pasture combined with restricted indoor feeding on production and behaviour in dairy cows. *Animal* 1:439-448.
- 33-Kolver, ES; Muller, LD. (1998) Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 81:1403-1411.
- 34-Lammers, BP; Heinrichs, J; Ishler, VA. (2002) Uso de ración total mezclada (TMR) para vacas lecheras. Departamento de Ciencias Animales, Universidad Estatal de Pennsylvania. Disponible en: <http://articles.extension.org/pages/15903/uso-de-racin-total-mezclada-tmr-para-vacas-lecheras>. Fecha de consulta: 9 de mayo del 2018.
- 35-Licitra, G; Hernandez, TM; Van Soest PJ. (1996) Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57:347-358.
- 36-Mattiauda, DA; Tamminga, S; Gibb, MJ; Soca, P; Bentancur, O; Chilbroste, P. (2013) Restricting access time at pasture and time of grazing allocation for Holstein dairy cows Ingestive behaviour, dry matter intake and milk production. *Livest. Sci.* 152:53-62.
- 37-McDonald, P; Edwards, RA; Greenhalgh, JFD; Morgan, CA. (2006). *Nutrición Animal*. 6ª Ed. Zaragoza, Acribia, 587 p.
- 38-Mendoza, A; Cajaville, C; Santana, A; Repetto, JL. (2011) ¿Hacia una nueva forma de pensar las alimentación de las vacas lecheras? La inserción del confinamiento en los sistemas pastoriles de producción de leche. XXXIX Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay, p. 82-90.
- 39-Mendoza, A; Cajaville, C; Repetto, JL. (2016a) Digestive response of dairy cows fed diets combining fresh forage with a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 99:1–11.
- 40-Mendoza, A; Cajaville, C; Repetto, JL. (2016b) Short communication: Intake, mil production, and milk fatty acid profile of dairy cows fed diets combining fresh forage with a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 99:1938-1944.
- 41-Mertens, DR. (1994) Regulation of forage intake. En: Fahey, G. Forage quality, evaluation and utilisation. Wisconsin, American Society of Agronomy, p. 450-493.
- 42-Morales - Almaráz, E; Soldado, A; González, A; Martínez- Fernández, A; Domínguez - Vara, I; de la Roza - Delgado, B; Vicente, F. (2010) Improving the fatty acid profile of dairy cow milk by combining grazing with feeding of total mixed ration. *J. Dairy Research*, 77:225- 230.
- 43-NRC. National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7ª Ed. Washington DC, National Academy Press. 381 p.
- 44-NorFor. Nordic Feed Evaluation System. (2007) Norfor in sacco standard. Disponible en: [http://www.norfor.info/Files/pdf-dokumenter/pdf\\_lab/Analyses/NorFor\\_in\\_sacco\\_standard\\_070910.pdf](http://www.norfor.info/Files/pdf-dokumenter/pdf_lab/Analyses/NorFor_in_sacco_standard_070910.pdf). Fecha de consulta: 28 de mayo del 2018.
- 45-Pastorini, M. (2016). Combinación de diferentes niveles de forraje fresco y ración totalmente mezclada en dietas de vacas lecheras: efecto sobre el desempeño

- productivo y eficiencia de utilización de nutrientes. Tesis de Maestría en Producción Animal. Facultad de Veterinaria. Montevideo, Uruguay, 60p.
- 46-Repetto, JL; Cajarville, C; D'Alessandro, J; Curbelo, A; Soto, C; Garín, D. (2005) Effect of wilting and ensiling on ruminal degradability of temperate grass and legume mixtures. *Anim Res* 54:73-80.
- 47-Repetto, JL; Cajarville, C. (2009) ¿Es posible lograr la sincronización de nutrientes en sistemas pastoriles intensivos? XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay, p. 860- 867.
- 48-Robertson, JB; Van Soest, PJ. (1981) The detergent system of analysis and its application to human foods. En: James, WPT; Theander, O. The analysis of dietary fiber in food. Nueva York, Dekker, p.123-158.
- 49-Rook, AJ; Huckle, CA; Penning, PD. (1994) Effect of sward height and concentrate supplementation on the ingestive behaviour of spring calving dairy cows grazing grass-clover swards. *Appl Anim Behav Sci* 40:101-112.
- 50-Santana, A. (2012) Inclusión de pastura templada en una dieta completamente mezclada en vaquillonas: efectos sobre el consumo, el aprovechamiento digestivo y metabólico. Tesis de Maestría en Nutrición de Rumiantes, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, p. 44.
- 51-Santana, A; Ubilla, J; Berrutti, M; Konrath, T; Aguerre, M; Britos, A; Cajarville, C; Repetto, JL. (2011) Dry matter intake, ruminal pH and fermentation capacity of rumen fluid in heifers fed temperate pasture, total mixed rations or both. *J. Anim. Sci.* 89(1): 511.
- 52-Soca, P; Chilibroste, P; Mattiauda, DA. (1999) Effect of the moment and length of the grazing session on: 2. grazing time and ingestive behaviour. Proceedings of the international symposium on grassland ecophysiology and grazing ecology, Curitiba, Brazil, p. 295–298.
- 53-Tebot, I. (2008) Efectos de los suplementos ricos en energía sobre la función ruminal y el metabolismo del nitrógeno en ovinos alimentados con forraje fresco. Tesis de Maestría en Nutrición de Rumiantes, Facultad de Veterinaria, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 31 p.
- 54-Tozer, PR; Bargo, F; Muller LD. (2003) Economic analyses of feeding systems combining pasture and total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 86:808-818.
- 55-Van Soest, PJ; Robertson, JB; Lewis, BA. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- 56-Vibart, RE; Fellner, V; Burns, JC; Huntington, GB; Green, JT. (2008) Performance of lactating dairy cows fed varying levels of total mixed ration and pasture. *J Dairy Res* 75:471-480.
- 57-Vibart, RE; Burns, JC; Fellner, V. (2010) Effect of replacing total mixed ration with pasture on ruminal fermentation. *Prof. Anim. Sci.* 26:435-442.
- 58-Wales, WJ; Marret, LC; Greenwood, JS; Wright, MM; Thornhill, JB; Jacobs, JL; C.K.M.Ho; Auldish, MJ. (2013) Use of partial mixed rations in pasture based dairying in temperature regions of Australia. *Anim. Prod. Sci.* 53:1167-1178.