

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**VARIACIÓN EN LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE EN VACAS EN
CONFINAMIENTO CON INCLUSIÓN DE PASTURAS**

“por”

DE LA QUINTANA, Emanuel
GARMENDIA, María Eugenia
MUTUBERRÍA, Emiliano



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

MODALIDAD Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2012**



FV-29486

PÁGINA DE APROBACIÓN

TESIS aprobada por:

Presidente de Mesa:



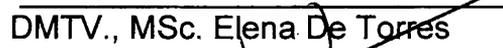
DMTV., MSc. Alejandro Britos

Segundo Miembro (Tutor):



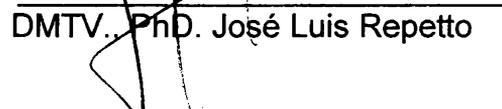
Ing-Agr., MSc. Alejandro Mendoza

Tercer Miembro:



DMTV., MSc. Elena De Torres

Co-tutor:



DMTV., PhD. José Luis Repetto

Fecha:

12 de abril de 2012

Autores:

Emanuel Ezequiel DE LA QUINTANA RIVOIR

Maria Eugenia GARMENDIA PEDRAJA

Emiliano MUTUBERRÍA MARTÍNEZ

2

Aprobado con 11 (once) votos

29486

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecemos a nuestras familias y todas aquellas personas que nos ayudaron y brindaron su apoyo durante toda la carrera universitaria, lo que ha sido de fundamental importancia para desarrollarnos como seres humanos y futuros profesionales.

Al Ing. Agr. Alejandro Mendoza y Dr. José L. Repetto por su tutoría y cotutoría en este trabajo y el respaldo brindado hacia nosotros.

A todos los integrantes del Departamento de Bovinos y Nutrición Animal de Facultad de Veterinaria, especialmente a Cecilia Cajarville, Sebastián Brambillasca, Álvaro Santana, Analía Pérez y Natalia Hernández por ayudarnos en los trabajos de campo y laboratorio que fueron necesarios para poder realizar este ensayo.

A todos los compañeros con los que compartimos el trabajo experimental y a todo el personal del Campo Experimental N° 2 (Libertad) de la Facultad de Veterinaria, que facilitaron que nuestro trabajo se pudiera llevar adelante.

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	6
LISTA DE ABREVIATURAS	7
1. RESUMEN	8
2. SUMMARY	9
3. INTRODUCCIÓN	10
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
4.1. SINTESIS Y MANIPULACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA LECHE	12
4.1.1. Síntesis de grasa	12
4.1.2. Manipulación del contenido graso en leche	13
4.1.3. Síntesis de proteínas	14
4.1.4. Manipulación del contenido proteico en leche.....	15
4.1.5. Síntesis de lactosa.....	15
4.2. EFECTOS DE LA INCLUSIÓN DE PASTURAS EN SISTEMAS DE CONFINAMIENTO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE ..	16
4.2.1. Las pasturas templadas como base de la alimentación para vacas lecheras.....	17
4.2.2. La utilización de ración totalmente mezclada con inclusión de pasturas en la alimentación de vacas lecheras	18
5. OBJETIVOS	19
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19

6. HIPÓTESIS.....	20
7. MATERIALES Y MÉTODOS	21
7.1. ANIMALES Y MANEJO	21
7.2. DISEÑO Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....	21
7.2.1. Tratamientos.....	21
7.2.2. Alimentos.....	21
7.3. DETERMINACIONES.....	23
7.3.1. Composición química de los alimentos	23
7.3.2. Producción de leche	23
7.3.3. Composición de la leche.....	23
7.3.4. Eficiencia de uso del alimento.....	23
7.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	23
8. RESULTADOS	24
8.1. PRODUCCIÓN DE LECHE	24
8.2. PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS	24
8.3. COMPOSICIÓN DE LECHE	25
8.4. EFICIENCIA DE USO DEL ALIMENTO PARA PRODUCCIÓN DE LECHE.....	25
9. DISCUSIÓN	26
10. CONCLUSIONES	29
11. BIBLIOGRAFÍA.....	30

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS



	Página
Cuadro I. Composición (%MS) de la ración totalmente mezclada	22
Cuadro II. Composición química de pasturas y RTM utilizadas	22
Cuadro III. Producción diaria promedio de leche por tratamiento	24
Cuadro IV. Producción de sólidos por tratamiento	24
Cuadro V. Composición de leche por tratamiento.....	25
Cuadro VI. Eficiencia del uso de alimento consumido para producción de leche	25
Figura I. Relación forraje-concentrado en la producción y composición de leche	13

LISTA DE ABREVIATURAS

AG: Ácidos grasos.

AGV: Ácidos grasos volátiles.

CLA: Ácido linoleico conjugado.

FDN: Fibra detergente neutro.

FDNe: Fibra detergente neutro efectiva.

LCG: Leche corregida por grasa al 3,5%.

LCS: Leche corregida por sólidos al 4%.

MS: Materia seca.

PAM: pastura ofrecida por la mañana.

PB: Proteína bruta.

PC: Pasto más concentrado.

PDR: Proteína degradable en rumen.

PNDR: Proteína no degradable en rumen.

PPM: Pastura ofrecida por la tarde.

RTM: Ración totalmente mezclada.

RTMP: Ración totalmente mezclada parcial.

1. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción y composición de leche de vacas lecheras alimentadas en base a una ración totalmente mezclada (RTM) y con adición de pastura templada de alta calidad. Para ello se utilizaron 9 vacas Holstein multíparas de 100 ± 25 días de lactancia, con un peso vivo de 572 ± 76 kg y una producción en la lactancia anterior de 7079 ± 1226 litros, las cuales fueron asignadas a 3 tratamientos de acuerdo a un diseño de cuadrado latino 3 x 3 triplicado, con períodos de 20 días cada uno, divididos a su vez en 10 días de adaptación y 10 días de mediciones. Dicho experimento se llevó a cabo en el campo Experimental N° 2 de Libertad, de Facultad de Veterinaria, departamento de San José. Los tratamientos que se evaluaron fueron: RTM *ad libitum* por 24 horas (T0), pastura por 4 horas *ad libitum* más RTM *ad libitum* por 20 horas (T4) y pastura por 8 horas *ad libitum* más RTM *ad libitum* por 16 horas (T8). La pastura utilizada fue raigrás anual (*Lolium multiflorum*) la cual se cortó diariamente para ser suministrada a los animales alojados en bretes de forma individual. Las variables que se midieron fueron: producción de leche, porcentaje y producción de proteína, grasa, caseína total, lactosa y concentración de urea en leche. La producción fue medida en ambos ordeños durante 5 días consecutivos con medidores volumétricos, con los cuales también se tomó una alícuota de dicha producción a partir de la cual se sacaron muestras individuales para determinar su composición por método de infra-rojo medio y enzimático. Se observó una mayor producción de leche, leche corregida por grasa al 3,5% y leche corregida por sólidos al 4% a favor de T0 y T4 en comparación con T8. No se detectó efecto de la inclusión de pasturas sobre las variables porcentaje de grasa, proteína, caseína total, relación caseína total/proteína, lactosa y urea o sobre la eficiencia de uso del alimento para producción de leche. En producción de grasa se encontró una tendencia ($P=0,06$) de mayores producciones a favor de T0 en comparación con T8, mientras que T4 tuvo una producción intermedia. Para la producción de proteína y caseína total se detectaron diferencias ($P=0,02$) en T8 en comparación con T0 y T4, siendo más alta para estos dos últimos. Para la producción de lactosa se observó una tendencia ($P=0,06$) a una mayor producción de esta en T4 en comparación con T8 y con valores intermedios para T0. La inclusión de cuatro horas de acceso a pastura templada de alta calidad permitiría mantener altas producciones de leche y sólidos al igual que en confinamiento, mientras que con ocho horas de acceso a la pasturas las producciones se verían disminuidas.

2. SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the production and milk composition of dairy cows fed diets based on total mixed ration (TMR) and with addition of high-quality temperate pasture. Nine Holstein cows multiparous (100 ± 25 days of lactation, with a live weight of 572 ± 76 kg and a previous lactation record of 7079 ± 1226 L), were assigned to 3 treatments according to a 3 x 3 Latin square design, thrice replicated, with periods of 20 days each (10 days for adaptation followed by 10 days for measurements). This experiment was conducted at Campo Experimental N° 2 Libertad, Veterinary College, San José. The treatments evaluated were: RTM *ad libitum* during 24 hours (T0), pasture *ad libitum* for 4 hours and RTM *ad libitum* for 20 hours (T4), and pasture *ad libitum* for 8 hours and RTM *ad libitum* by 16 hours (T8). Annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) was used as pasture and was cut daily and fed to the animals kept in individual stalls. The variables measured were: milk yield, percentage and yield of protein, fat, total casein, lactose, and urea concentration in milk. Production was measured in both milking for 5 consecutive days, and individual samples were taken to determine its composition by mid infra-red and enzymatic methods. A higher milk yield, 3,5%-fat corrected milk and 4%-solids corrected milk was detected for T0 and T4 compared to T8. There was no effect of the inclusion of pastures on percentage of fat, protein, total casein, total casein / protein ratio, lactose and urea, or efficiency of use of feed for milk production. Fat yield tended to be higher ($P = 0.06$) in for T0 compared to T8, while T4 had an intermediate production. Yield of protein and total casein were higher in T0 and T4 than in T8 ($P = 0.02$). A trend for increased lactose yield ($P = 0.06$) was observed in T4 compared to T8, with intermediate values for T0. A daily access of four hours to a high-quality temperate pasture could maintain high milk and solids yield as in TMR-fed cows, but eight hours of access may have adverse effects on milk production.

3. INTRODUCCIÓN

Def

Los sistemas de producción de rumiantes en Uruguay tienen la característica de ser fundamentalmente pastoriles. La producción de leche se ha basado tradicionalmente en el pastoreo directo de gramíneas y leguminosas forrajeras, asociado al uso de suplementos como concentrados y/o forrajes conservados, para diferirlos a los momentos de déficit de forraje (Mendoza *et al.*, 2011). En dichos sistemas, la utilización de pasto es importante desde el punto de vista nutricional, y al mismo tiempo el uso de este alimento reduce de manera importante los costos de producción (Cajarville y Repetto, 2005). Sin embargo, distinta información colectada en condiciones comerciales sugiere que estos tipos de dieta normalmente no permiten explotar el potencial genético de producción de leche de los animales que se utilizan (Mendoza *et al.*, 2011).

En los últimos años el área dedicada a la agricultura de secano se ha visto aumentada de manera considerable en detrimento del área dedicada a la lechería, por lo que la misma debe sostener una fuerte competencia por el recurso suelo. Por esta razón la estrategia de producción de los predios lecheros debería pasar por una intensificación "puertas adentro" del uso de los recursos disponibles, que permita un aumento de la producción por unidad de superficie, bajando los costos por litro producido y mejorando los márgenes de ingreso neto (Mendoza *et al.*, 2011).

La información generada a nivel nacional en sistemas de producción de leche sugiere, que es imprescindible seguir avanzando en cambios tecnológicos para llegar a nuevos horizontes productivos manteniendo la competitividad (Durán, 2004). A partir de un análisis de la evolución de los sistemas de producción de leche en Uruguay, Durán (2004) concluyó que a partir de la utilización de pasturas, concentrados y reservas por separado, quedaría escaso margen para aumentar de forma significativa los niveles de producción, y que por lo tanto se debería recurrir a otras alternativas para seguir intensificando la producción de leche.

En este sentido en países del hemisferio norte (EEUU y Europa) se utilizan sistemas de confinamiento con dietas RTM (ración totalmente mezclada), que son aquellas en las que concentrados, forrajes y aditivos se suministran de forma conjunta en una mezcla homogénea. Con este tipo de dieta, cada bocado de alimento que consume la vaca contiene la cantidad correcta de ingredientes para una ración balanceada, permitiendo a la vaca consumir lo más cercano a sus requerimientos de nutrientes y mantener las características físicas necesarias para la función adecuada del rumen. Eso produce un ambiente más estable en el rumen y se equilibra el balance de nutrientes en una forma más eficiente. Este sistema de alimentación (RTM) presenta ventajas tales como: a) maximizar el consumo individual, b) ofrecer una dieta con un aporte balanceado de nutrientes y una óptima relación forraje-concentrado y c) minimizar la selectividad por componentes individuales (Lammers *et al.*, 2002). Esto conllevaría a un aumento de la producción individual y facilitaría la tarea del nutricionista para balancear una dieta de forma más precisa que cuando se ofrecen los ingredientes por separado.

El uso de RTM trae aparejado algunas desventajas que deben ser tenidas en cuenta al adoptar esta tecnología. Por ejemplo, requiere el uso de algún tipo de equipo para la mezcla y la distribución del alimento, así como instalaciones para la alimentación de los animales (corrales o patio de alimentación), para el tratamiento de los efluentes generados y para el almacenamiento de los alimentos a usar (Lammers *et al.*, 2002).

Cuando vacas de alto mérito genético son alimentadas con pasturas y adición de concentrados, la producción de leche es menor que en aquellos sistemas de alimentación basados en un régimen de nutrición RTM equilibrada, donde la producción de leche y consumo se maximizan (Bargo *et al.*, 2002). En el caso de nuestro país se podría considerar la combinación de sistemas RTM con adición de pasturas de alta calidad para aprovechar este recurso, al ser este un alimento de menor costo. Complementar un sistema de alimentación de pastoreo con una RTM podría mejorar el rendimiento de vacas lecheras a través de cambios en el consumo, la digestión y fermentación ruminal. Dicho sistema es llamado RTM parcial (RTMP) (Bargo *et al.*, 2002).

En Uruguay existe poca información sobre la utilización de un sistema RTM con inclusión de pasturas, por lo que es de vital importancia debido a la creciente competencia e intensificación de los procesos de producción. Se debería generar información al respecto sobre un sistema que pueda adaptarse a los tiempos actuales y llevar a un mayor desarrollo de la lechería uruguaya. Específicamente, interesa saber cómo este tipo de intervención nutricional sobre el sistema de producción afecta la composición y producción de leche, ya que la misma es de interés tanto para el productor, como para la industria o el consumidor.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. SÍNTESIS Y MANIPULACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA LECHE

Los principales medios con los que cuenta el productor para modificar la composición de la leche son la nutrición y el mejoramiento genético. La nutrición es una herramienta para hacer rápidos cambios en la composición de la leche, pero la relación entre los componentes del alimento y la composición de la leche es compleja. Mediante esta se pueden obtener mayores cambios en el contenido de grasa que en los otros componentes como proteínas y lactosa de la leche. Los factores de mayor importancia en la dieta son la cantidad de fibra, relación forraje concentrado, composición y sitio de digestión de los hidratos de carbono de los concentrados, mientras que la frecuencia y la ingesta de comida pueden ser relevantes en el manejo de la alimentación (Sutton, 1989).

4.1.1. Síntesis de grasa.

La cantidad de grasa en la leche varía entre un 3 y un 5%, compuesta principalmente por un 98% de triacilglicéridos, que son sintetizados en la glándula mamaria a partir de una molécula de glicerol y tres ácidos grasos. Estos ácidos grasos pueden ser captados directamente de la sangre en el caso de aquellos de cadena larga (más de 16 carbonos), mientras que aquellos de cadena corta (entre 4 a 16 carbonos) son sintetizados *de novo* por la glándula mamaria a partir de acetato y β -hidroxibutirato provenientes del rumen. Los ácidos grasos (AG) sintetizados *de novo* en términos generales representan un 50% de los AG totales, mientras que el otro 50% restante son captados de la sangre como tales (Bauman y Griinari, 2003). En general, en la grasa láctea de los rumiantes alrededor de 2/3 de los AG son saturados y 1/3 insaturados. El aumento en leche de AG insaturados resultaría beneficioso para la salud humana, ya que algunos de estos como el CLA (isómeros de ácido linoleico conjugado) y vaccénico tendrían efectos anticancerígenos, antidiabéticos y reducirían el colesterol (Elgersma *et al.*, 2006).

Los precursores de la síntesis de grasa butirosa son derivados del alimento y de la movilización de las reservas corporales del animal, por lo que con un manejo alimentario se puede modificar el contenido graso en la leche y manipular la movilización de las reservas corporales. Es necesario conocer que los AG insaturados son tóxicos para los microorganismos del rumen, por lo que han desarrollado un mecanismo en el cual deben hidrogenar la molécula de AG eliminando los dobles enlaces. Este mecanismo es conocido como "bio-hidrogenación ruminal" en la cual un AG insaturado "tóxico" se transforma en un AG "no tóxico". Cuando se afecta la población microbiana por algún motivo (ej. desarrollo de acidosis), los procesos de digestión y fermentación son alterados incluyendo el de la bio-hidrogenación, lo que determina la acumulación de ciertos AG (isómero del ácido linoleico conjugado, o CLA) que son intermediarios atípicos del proceso de la bio-hidrogenación. Si estos llegan a la

glándula mamaria inhiben de forma marcada el conjunto de enzimas involucradas en la síntesis de grasa láctea.

4.1.2. Manipulación del contenido graso en leche

En nuestros sistemas tradicionales de producción de leche existe una ingesta discontinua de nutrientes debida al manejo, en la cual suplementos y pasturas se ofrecen por separado. Esto podría predisponer a grandes cambios en el ambiente ruminal, con altas producciones de ácidos grasos volátiles (AGV) y por lo tanto disminuciones bruscas de pH que pueden disminuir la síntesis y/o el contenido de grasa en leche.

La relación forraje/concentrado se ha tomado como pauta para la elaboración de dietas en vacas lecheras, según la cual relaciones 50/50 serían las óptimas para maximizar la producción y el contenido graso en leche simultáneamente (Figura I). Altos consumos de almidón están asociados con altos niveles de síntesis *de novo* por la glándula mamaria resultando en una mayor concentración de AG saturados en la leche (Walker *et al.*, 2004). Cuando los concentrados fibrosos reemplazan en una proporción importante a los almidonosos en la ración, el contenido de grasa aumenta (Sutton, 1989). Dentro de esto también interactúan varios factores como lo son: características del suplemento y forraje.

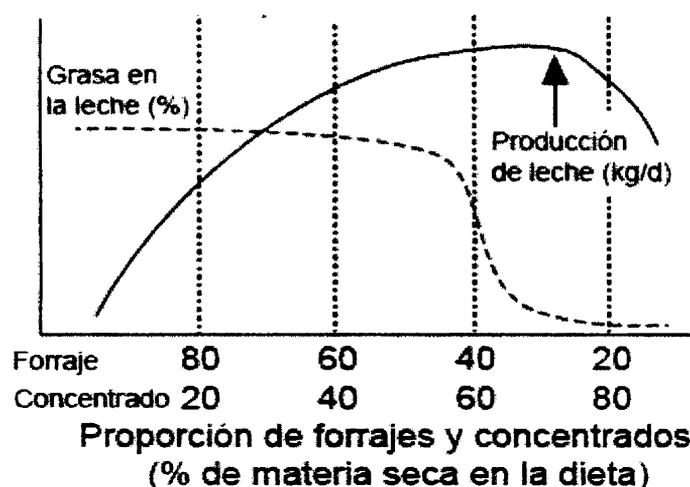


Figura I: Relación forraje-concentrado en la producción y composición de leche
Fuente: Wattiaux, 2005.

La influencia del concentrado sobre el contenido graso de la leche puede ser acentuada o al contrario limitada según la forma de presentación de los forrajes y del tamaño de las partículas. Un picado muy fino de los ensilajes de maíz o de pradera, o la distribución de raciones molidas o aglomeradas puede provocar una caída importante del contenido graso de la leche (Astigarraga, 2003). Con respecto a las características del forraje, en los sistemas de confinamiento es muy utilizado el concepto de fibra detergente neutro efectiva (FDNe) que es aquella porción de la fibra de un alimento capaz de reemplazar la fibra proveniente de un forraje y que permite mantener los valores de grasa en leche. Esto se vincula con las características físicas y

químicas de la fibra detergente neutro (FDN) la cual promueve la masticación, rumia y salivación (Mendoza, 2010). La disminución del pH modifica la orientación de la fermentación ruminal disminuyendo la producción de acetato, que es el principal precursor de la síntesis de ácidos grasos cortos de la leche (Astigarraga, 2003).

El principal ácido orgánico proveniente de la fermentación de los glúcidos (ácido láctico) es formado en cantidades variables y en general de manera más importante en ensilajes de maíz que en los ensilajes de pasturas. Cuando la proporción de cereales en la ración no es muy elevada se encuentran pH próximos a 6, lo que lleva a que el ácido láctico sea metabolizado principalmente a ácido butírico y explica en parte el contenido graso de la leche más elevado en el ensilaje de maíz que en el de pasturas (Astigarraga, 2003).

En cuanto a la respuesta a la suplementación con lípidos, ésta es muy variable, tanto en sus efectos sobre la producción y contenido de grasa en leche. En general existen respuestas positivas en ambas variables hasta un 5 a 7% de extracto etéreo en la dieta, aunque existen fluctuaciones importantes dependiendo del tipo de lípido utilizado (AG saturados vs AG insaturados). El aporte de este tipo de concentrados modifica la composición de AG de la leche, aumentando la proporción de AG de cadena larga. La proporción de AG saturados disminuye y la de insaturados aumenta en época de pastoreo (Mendoza, 2010). Este mismo cambio también se daría con el agregado de pasturas sobre una dieta RTM dando un producto más saludable.

4.1.3. Síntesis de proteína

Alrededor del 90% de las proteínas de la leche son sintetizadas en la glándula mamaria a partir de aminoácidos, los cuales provienen de la proteína microbiana y de la proteína no degradada en rumen. Mientras que de la sangre solo pasan por difusión a través de las células secretoras pequeñas cantidades de inmunoglobulinas y albúminas. Del total de proteínas un 80% las constituyen las caseínas (α , β y γ) y el resto la β -lactoglobulina y la α -lactoalbúmina (Rearte, 1992). La síntesis de proteína requiere además energía que es aportada por la glucosa. En casos especiales, la vaca tiene la capacidad de movilizar sus propias reservas corporales de proteína las cuales sin embargo, no son de gran magnitud (Tamminga *et al.*, 1997). También cabe destacar que dentro de la proteína total de la leche un 5% corresponde a nitrógeno no proteico y de éste un 50% es urea. Su concentración podría ser utilizada para monitorear la proteína dietaria que reciben los animales, cuando esta es medida de la leche tomada del tanque (Acosta *et al.*, 2006).

La etapa de la lactancia es importante para determinar la concentración de proteínas de la leche, pero tiene poca influencia sobre la composición de la proteína. La excepción a esto es en lactancia tardía asociada con bajo consumo de EM que reduce la fracción caseína y aumenta la fracción de suero en leche (Walker *et al.*, 2004).



4.1.4. Manipulación del contenido proteico en leche

En condiciones de producción donde se usan pasturas templadas de alta calidad, la cantidad de proteína microbiana producida más la cantidad de proteína no degradable en rumen (PNDR) normalmente encontrada en los alimentos sería suficiente para cubrir las necesidades proteicas de vacas produciendo hasta 20-25 L/día. La respuesta de la síntesis de proteína láctea al aporte de proteína bruta (PB) de la dieta depende del balance de nitrógeno de la vaca. Cuando los aportes satisfacen los requerimientos de los animales, aumentos de los niveles de PB no se traducen ni en aumento de producción ni en porcentaje de proteína en leche. Estos valores son cercanos a un contenido de 18% de PB de la dieta; por encima de estos valores no se observan ventajas, llevando esto a costos energéticos extras para eliminar el nitrógeno excedente (Broderick, 2010).

El nivel energético de la dieta es el principal factor limitante del contenido de proteína de la leche. Se ha establecido que la concentración de proteína de la leche tiene una correlación positiva con la ingesta de energía metabolizable (EM), excepto con aquella que es proporcionada por lípidos (Walker *et al.*, 2004). El uso de concentrados provoca cambios en la fermentación ruminal, aumentando la producción de precursores neoglucogénicos (ácido propiónico), lo que resulta en una mayor síntesis hepática de glucosa a partir del mismo. Esto disminuiría la gluconeogénesis a partir de aminoácidos, quedando disponibles en mayor cantidad para ser utilizados por la glándula mamaria para la síntesis de proteína láctea (Rearte, 1992).

En lo que refiere a la nutrición proteica que recibe el animal, se considera un factor importante tanto la proporción de proteína degradable en rumen (PDR) como la proteína no degradable en rumen (PNDR). La primera es necesaria para mantener una correcta fermentación ruminal y para que los microorganismos formen sus propias proteínas, lo que mantiene adecuadas tasas de pasaje y altos consumos, mientras que la PNDR permite la llegada de aminoácidos al intestino que una vez absorbidos están disponibles para la síntesis de proteína láctea. Igualmente existe gran variabilidad de respuesta productiva en cuanto a la inclusión de fuentes de PNDR, ya que el perfil de aminoácidos de la misma juega un rol importante. Dentro de éstos lo que más comúnmente limitan la producción son Lisina y Metionina, debiendo estar en concentraciones de 7,2% y 2,4% de la proteína metabolizable, respectivamente. En la práctica se utilizan relaciones de 3:1 para Lisina-Metionina en la dieta con una concentración de 6,6% y 2,2% respectivamente, siendo la lisina limitante en aquellas dietas en las cuales una parte importante se compone de maíz (ensilaje, gluten feed, DDGS), mientras que la Metionina suele ser limitante en alimentos como la harina de soja. En dietas utilizando como base el ensilaje de pasturas, la Histidina pasa a tener un papel importante como aminoácido limitante (Schwab *et al.*, 2004).

4.1.5. Síntesis de lactosa

Si bien de los principales componentes de la leche es el menos modificable por vía de la nutrición, su importancia radica en que es el principal regulador osmótico de la leche

determinando en gran medida el volumen producido. Una mayor secreción de lactosa y su transporte hacia el sistema alveolar de la glándula mamaria conlleva un transporte de agua y por lo tanto una mayor producción de leche. El conocimiento de sus vías de síntesis es importante ya que la cantidad de grasa y proteínas secretadas también dependen de la cantidad de leche sintetizada. La lactosa se produce por la unión de glucosa más galactosa (esta última se origina a partir de la glucosa) y es por ello que la captación de glucosa por la glándula mamaria es fundamental para su síntesis. En una vaca en lactación la glucosa captada desde la sangre representa entre un 65 a 80% de la glucosa disponible y de esta glucosa captada por la glándula mamaria un 50 a 85% es utilizada para la síntesis de lactosa (Mendoza, 2010).

4.2. EFECTOS DE LA INCLUSIÓN DE PASTURAS EN SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN CON RTM SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE.

Se considera que la principal limitante para la producción de leche con vacas de alto mérito genético en sistemas pastoriles, es el suministro de energía metabolizable. Comparando estos sistemas con sistemas de confinamiento, se observan menores consumos de materia seca (MS) (19 vs 23,4 Kg/d de MS) y menores producciones de leche (29,6 vs 44,1 Kg/d). El 61% de estas diferencias en producción se deben al menor consumo de MS, mientras que otro factor que contribuiría sería la menor eficiencia en la captación de nitrógeno en rumen, teniendo un costo energético extra para su excreción como urea (Kolver *et al.*, 1998).

En un estudio en el cual se utilizaron 15 vacas lecheras en un diseño de cuadrado latino, alimentadas con RTM *ad libitum* en combinación con diferentes tiempos de acceso a las pasturas (RTM 12, RTM 6 y RTM 0, con 12, 6 y 0 horas de acceso a la pastura respectivamente), se demostró que no hubo diferencias significativas en el consumo de materia seca total, en producción de leche y contenido de proteínas entre los tratamientos. Sí mostró variaciones significativas el contenido de grasa, la cual fue menor para el tratamiento RTM12 en comparación con RTM6 y RTM0. (Morales *et al.*, 2010). Soriano *et al.* (2001), trabajando con vacas en lactación alimentadas con una dieta solo RTM, detectó que producían más leche que vacas alimentadas con RTM más pastura ofrecida en la mañana (PAM) o la tarde (PPM), no observándose diferencias entre tratamientos en producción de grasa y proteínas.

Durante un experimento de 21 semanas realizado por Bargo *et al.* (2002) utilizando 45 vacas Holstein en lactancia temprana-media, compararon la combinación de 3 sistemas de alimentación; pasturas más concentrado (PC), RTM más pasturas (RTMP) y RTM sin pasturas (RTM). Se observó que vacas en tratamiento RTM produjeron 19 % más de leche que en el tratamiento RTMP y 33% más que PC, existiendo entre ellas una diferencia de 13% a favor del confinamiento parcial. En cuanto a la producción de sólidos se observó que las vacas de los tratamientos RTM y RTMP tenían mayores porcentaje de grasa en leche en comparación con las del tratamiento pasto más concentrado, mientras que en cuanto a la producción de proteínas se encontró una mayor producción para el tratamiento RTM en comparación con pasto más concentrado y presentando un valor intermedio el tratamiento RTMP.

Fontaneli *et al.* (2005) realizaron un estudio de 259 días con vacas lecheras en lactancia, compararon 3 sistemas de alimentación: pasturas anuales más concentrado (simulando un sistema intensivo de pastoreo), pasturas perennes más concentrado (simulando un sistema de pastoreo menos intensivo) y confinamiento. En este último tratamiento se obtuvo un mayor rendimiento en producción de leche, siendo de un 19% más que los sistemas en pastoreo. En contraposición a lo reportado por Bargo *et al.* (2002) en este estudio no se encontraron diferencias en concentración de grasa, proteínas y urea en leche entre tratamientos.

En 2 experimentos se evaluaron crecientes niveles de inclusión de pasturas de alta calidad sobre una dieta RTM. En un primer experimento llevado a cabo en otoño no se observaron diferencias en producción de leche ni en composición de la misma, en tanto que en un segundo experimento realizado en primavera sí se observó una disminución en producción de leche, leche corregida por grasa al 4% y proteína a medida que aumentaron los niveles de pasturas en la dieta, debiéndose estas diferencias a un menor consumo de MS y al distinto valor nutritivo de las pasturas (Vibart *et al.*, 2008).

4.2.1. Las pasturas templadas como base de alimentación para vacas lecheras.

La producción de leche en Uruguay se ha basado tradicionalmente en el pastoreo directo de gramíneas y leguminosas, asociadas al uso de suplementos como concentrados y/o forrajes conservados para los momentos de déficit forrajeros (Mendoza *et al.*, 2011). Estas especies forrajeras que se utilizan en los sistemas intensivos de producción animal están representados principalmente por gramíneas C3, leguminosas y sus mezclas (Repetto y Cajarville, 2009). En términos generales, este tipo de pasturas juega un importante rol en la alimentación del ganado, tanto desde el punto de vista nutricional como económico.

En Uruguay, Caramelli *et al.* (2008) reportaron la composición química de pasturas de alta calidad provenientes de más de 40 parcelas de predios comerciales. Las mismas fueron cortadas cuando se consideraba adecuado entrar a pastorearlas, siendo la composición promedio la siguiente (base seca): 18% de MS, 19% de proteína bruta (de alta degradabilidad), 40% de fibra detergente neutro (FDN) y 8% de azúcares. Como resultado de las características químicas de estas pasturas, la fermentescibilidad de las mismas al medirla a través de la producción de gas *in vitro* fue elevada (Caramelli *et al.*, 2008).

Los trabajos hechos por los Departamentos de Bovinos y Nutrición de Facultad de Veterinaria señalan que si los bovinos u ovinos consumen estas pasturas templadas de alta calidad, la cantidad de N degradable en la dieta, que aporta NH₃ en el rumen, no sería limitante para un óptimo crecimiento microbiano (concentraciones de NH₃ ruminales de 20,1 mg/dL en promedio (Repetto y Cajarville, 2009). La alta degradabilidad ruminal de las paredes celulares (55 a 70%) lleva a que se produzcan grandes cantidades de AGV, lo cual puede causar una disminución marcada del pH en el rumen hasta niveles considerados de acidosis (<5,5) (Cajarville y Repetto, 2005).

Sin embargo, dietas basadas exclusivamente en este tipo de pasturas no permitiría explotar el potencial genético de producción de leche de los animales que se utilizan. En Uruguay hace varias décadas que se viene llevando a cabo un mejoramiento genético con material proveniente de EEUU y Canadá, teniendo como principal objetivo de selección mayores producciones de leche; sin embargo, la información internacional muestra que este mayor potencial productivo no va acompañado de mayores consumos. Por este motivo para expresar este potencial sería necesario administrar dietas más concentradas (Eastridge, 2006).

Con las estrategias de alimentación que se utilizan en nuestros predios comerciales, en la cual pasturas y concentrados se suministran por separados, sería cada vez más difícil lograr un aumento considerable en las producciones individuales. En este sentido, la utilización de confinamiento en combinación con el uso de pasturas de alta calidad sería una estrategia de alimentación a desarrollar en nuestros sistemas de producción con el objetivo de incrementar de forma sustancial la productividad de un predio (Durán, 2004), como se explicará a continuación.

4.2.2. La utilización de ración totalmente mezclada con inclusión de pasturas en la alimentación de vacas lecheras.

La ración totalmente mezclada (RTM) es aquella en la cual los forrajes y alimentos concentrados se suministran en forma conjunta. Esto permite que el animal consuma la mezcla correcta de nutrientes en cada bocado, manteniendo así un ambiente ruminal más estable. Estos sistemas tienen como ventajas: a) maximizar el consumo individual, b) ofrecer una dieta con un aporte balanceado de nutrientes y una relación óptima de forraje/concentrado, c) minimizar la selectividad por componentes individuales, d) disminuir la incidencia de problemas digestivos y metabólicos, e) aumentar la producción de leche, f) permitir mayor exactitud en la formulación de las dietas, g) la mayor variedad de ingredientes permite mayor flexibilidad en la formulación de las raciones. Pero este tipo de sistemas también poseen ciertas desventajas: a) necesidad de equipo para el mezclado y distribución del alimento, b) requerimiento de instalaciones para suministro (corrales, patio de alimentación) y c) demandan infraestructura para el tratamiento de efluentes y para el almacenamiento de alimentos a usar (Lammers *et al.*, 2002).

Otra alternativa de intensificación sería la combinación de dietas RTM y pastura, lo cual se conoce como RTM parcial (RTMP), debido a que la pastura no es una parte física dentro de la RTM (Bargo *et al.*, 2002). Este sistema podría ser una alternativa para aprovechar las pasturas templadas de alta calidad como un insumo de bajo costo.



5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar cómo afecta la inclusión de pasturas de alta calidad a una dieta base RTM sobre la productividad de vacas lecheras.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar si la inclusión de pasturas sobre una dieta base RTM afecta la producción de leche y sólidos de vacas en lactancia.
- Estudiar si la inclusión de pasturas sobre una dieta base RTM modifica la composición de la leche de las vacas.
- Estudiar si la inclusión de pasturas sobre una dieta base RTM afecta la eficiencia de uso del alimento para producción de leche.

6. HIPÓTESIS

- Vacas alimentadas solamente con una RTM producirán más leche que vacas alimentadas con una RTM y con acceso a una pastura de alta calidad, y esas diferencias se acentuarán a medida que se aumenten las horas de acceso a la pastura.
- Vacas alimentadas exclusivamente con RTM recibirán un mayor aporte y mejor balance de nutrientes, reflejándose esto en una mayor producción de sólidos totales en leche en comparación con los grupos RTM con inclusión de pasturas.
- Vacas alimentadas solo con RTM presentarán una mayor eficiencia de uso del alimento para producir leche en comparación con los grupos RTM con inclusión de pasturas.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo del experimento fue realizado en el Campo Experimental N°2 de Facultad de Veterinaria en Libertad, en la Unidad de Digestión y Metabolismo Ruminal de los Departamentos de Bovinos y Nutrición situado en el departamento de San José, y el análisis de muestras de leche fue realizado en el laboratorio de INIA La Estanzuela en Colonia.

7.1. ANIMALES Y MANEJO

Todos los procedimientos fueron aprobados por la Comisión de Bioética de Facultad de Veterinaria. Se utilizaron 9 vacas multíparas de la raza Holstein, con un peso vivo de 572 ± 76 Kg, que al inicio del experimento tenían 100 ± 25 días de lactancia y una producción en la lactancia anterior de 7079 ± 1226 litros. Los animales se alojaron individualmente en bretes, teniendo libre acceso al agua, y se le suministró alimento *ad libitum* durante el tiempo determinado descrito anteriormente para cada tratamiento. Los animales se ordeñaron dos veces por día (0730 y 1900 horas).

7.2. DISEÑO Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El diseño del experimento fue un cuadrado latino 3 x 3 replicado 3 veces. Los animales se agruparon en 3 cuadrados según peso vivo, producción al inicio del experimento y en la lactancia previa y dentro de cada cuadrado se asignaron al azar a los tratamientos. Cada período tuvo una duración de 20 días, los primeros 10 días de cada período fueron de adaptación a la dieta de los animales y los 10 restantes correspondieron a período de mediciones. La longitud total del trabajo experimental fue de 60 días.

7.2.1. Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron:

- T0: RTM *ad libitum* por 24 horas
- T4: acceso a pastura por 4 horas *ad libitum* más RTM *ad libitum* por 20 horas
- T8: acceso a pastura por 8 horas *ad libitum* más RTM *ad libitum* por 16 horas

7.2.2. Alimentos

Durante el experimento los animales consumieron una RTM compuesta por: ensilaje de maíz planta entera, grano de maíz seco partido, harina de soja, núcleo vitamínico-mineral (cuadro I), elaborada según las normas NRC para vacas lecheras (2001), para satisfacer los requerimientos de vacas de 600 Kg produciendo 35 L/día. La pastura que se utilizó fue raigrás anual (*Lolium multiflorum*), cultivar LE 284 (cuadro II).



Cuadro I. Composición (% MS) de ración totalmente mezclada.

	Porcentaje (base seca)
Ensilaje de maíz	45,2
Grano de maíz	31,6
Harina de soja	21,3
Bicarbonato de sodio	0,6
Fosfato dicálcico	0,4
Urea	0,3
Carbonato de calcio	0,2
Cloruro de sodio	0,2
Oxido de magnesio	0,2
Premezcla de vitaminas y minerales traza¹	0,04
Secuestrante de micotoxinas²	0,04
Monensina³	0,01

¹Rovimix® Lecheras, DSM Nutritional Products Ltd. Basilea, Suiza

²Mycofix® Plus, Biomin Innovative Animal Nutrition GmbH, Herzogenburg, Austria

³Rumensin® 100 Premix, Elanco Animal Health, Greenfield, EEUU

Cuadro II. Composición química de pasturas y RTM utilizadas.

	Alimentos	
	RTM	Pastura
MS (%)	38,0	13,4
PB (%)	16,8	22,1
FDN (%)	33,6	50,0
FDA (%)	16,4	24,0

MS %: materia seca; PB %: Proteína cruda; FDN %; Fibra detergente neutro; FDA %; Fibra detergente ácido; RTM: Ración totalmente mezclada.

La pastura fue cortada durante la tarde a 10 cm de altura y suministrada en un lapso de 24 horas. La RTM se confeccionó diariamente a partir de las 0800 horas para luego ser proporcionada en las siguientes 24 horas. A partir de las 0900 horas de cada día se comenzaba a ofrecer los alimentos.

Una vez que el comedero presentó un remanente cercano al 10% se procedía a la reposición del mismo. Al finalizar el plazo estipulado de alimentación con pastura de cada tratamiento, se procedía a retirar y pesar la que aún permanecía en el comedero, con el objetivo de calcular el rechazo de alimento de cada animal para de esta manera determinar el consumo.

7.3. DETERMINACIONES

7.3.1. Composición química de alimentos

En cada período se tomaron muestras de la RTM y la pastura ofrecida a los animales, que fueron congeladas a -20 °C hasta su análisis. Luego las muestras se secaron a 60 °C hasta peso constante, se molieron con malla de 1 mm, y se usaron para determinar: contenido de materia seca y proteína bruta (AOAC, 1990), y fibra detergente neutro (FDN) y ácido (FDA) (Van Soest et al., 1991) con un aparato ANKOM₂₂₀ (ANKOM Technology Corp., Fairport, NY, USA).

7.3.2. Producción de leche

Se midió individualmente en los dos ordeños diarios durante 5 días consecutivos en cada período de medición, mediante medidores volumétricos (TRU-TEST®. Auckland, New Zealand), los cuales toman una alícuota de la producción total.

7.3.3. Composición de la leche

Para su determinación se tomaron muestras individualmente durante 4 ordeños consecutivos en cada período de medición, en frascos conteniendo bronopol como conservante. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio de INIA La Estanzuela para su posterior análisis de porcentaje de grasa, proteína, lactosa y caseína total por método de infra-rojo (IDF, 2000), y urea por método enzimático (Lefier, 1996). Leche corregida por grasa al 3,5 % (LCG) y leche corregida por sólidos al 4 % (LCS) fueron calculadas mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{LCG} = 0,4324 \times \text{Kg de leche} + 16,218 \times \text{Kg de grasa}$$

$$\text{LCS} = 12,24 \times \text{Kg de grasa} + 7,10 \times \text{Kg de proteína} + 6,35 \times \text{Kg de lactosa} - 0,0345 \times \text{Kg de leche.}$$

7.3.4. Eficiencia de uso del alimento

Se determinó la eficiencia de uso del alimento para producción de leche (sin corregir o corregida por grasa al 3,5%), dividiendo la producción de leche o LCG entre consumo total de materia seca (tomado de Mendoza 2011, sin publicar).

7.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos de producción y composición de la leche fueron analizados con un modelo lineal mixto (Proc Mixed SAS, 9.1), que incluye como efecto fijo el tratamiento y como efecto aleatorio al cuadrado, período y vacas dentro de cada grupo.

Las medias se separaron por el test de Tukey, usando un nivel de significancia de $P < 0,05$.

8. RESULTADOS

8.1. PRODUCCIÓN DE LECHE

En el cuadro III se presenta la producción diaria promedio de leche obtenida para los diferentes tratamientos como media de los tres períodos.

Cuadro III. Producción diaria promedio de leche por tratamiento.

	Tratamiento			EEM	T
	T0	T4	T8		
Leche kg/d	34,35 ^a	34,90 ^a	32,70 ^b	1,50	0,027
LCG kg/d	37,58 ^a	37,31 ^a	35,09 ^b	1,17	0,012
LCS kg/d	34,79 ^a	34,72 ^a	32,46 ^b	0,95	0,004

T: efecto del tratamiento (P>F); EEM: error estándar de la media.

Letras distintas en la misma fila (a,b) indican diferencias significativas (P<0,05).

T0: RTM *ad libitum* por 24 horas; T4: acceso a pastura por 4 horas *ad libitum* más RTM *ad libitum* por 20 horas; T8: acceso a pastura por 8 horas *ad libitum* más RTM *ad libitum* por 16 horas.

LCG kg/d: leche corregida por grasa al 3,5 % en kg/d; LCS Kg/d: leche corregida por sólidos en kg/d.

Los animales en los tratamientos T0 y T4 produjeron mayor cantidad de leche, LCG y LCS que los animales del T8, no habiéndose encontrado diferencias entre aquellos.

8.2. PRODUCCIÓN DE SÓLIDOS

En el cuadro IV se detallan los resultados de la producción de sólidos para los diferentes tratamientos como media de los tres períodos.

Cuadro IV. Producción de sólidos por tratamiento.

	Tratamiento			EEM	T
	T0	T4	T8		
Grasa, kg/d	1,40 ^x	1,37 ^{xy}	1,29 ^y	0,05	0,068
Proteína, kg/d	1,13 ^a	1,16 ^a	1,06 ^b	0,04	0,022
Caseína T., kg/d	0,86 ^a	0,88 ^a	0,80 ^b	0,03	0,026
Relación Ct/P	0,755	0,757	0,756	0,005	0,827
Lactosa, kg/d	1,70 ^{xy}	1,72 ^x	1,62 ^y	0,08	0,058
Urea, mg/dl	21,17	19,76	18,91	0,97	0,140

T: efecto del tratamiento (P>F); EEM: error estándar de la media.

Letras distintas en la misma fila (a,b) indican diferencias significativas (P<0,05).

Letras distintas en la misma fila (x,y) indican diferencias significativas (P<0,10).

T0: RTM *ad libitum* por 24 horas; T4: acceso a pastura por 4 horas *ad libitum* más RTM *ad libitum* por 20 horas; T8: acceso a pastura por 8 horas *ad libitum* más RTM *ad libitum* por 16 horas.

Caseína T.: Caseína total; Relación Ct/P: Relación caseína total/proteína.

En producción de grasa (kg/d) se encontró una tendencia (P=0,06) de mayores producciones a favor de T0 en comparación con T8, mientras que T4 tuvo una producción intermedia. Mientras que para la producción de proteína y caseína total se detectaron diferencias (P=0,02) en T8 en comparación con T0 y T4, siendo más alta para estos dos últimos. Para la producción de lactosa (kg/d) se observó una tendencia

(P=0,06) a una mayor producción de ésta en T4 en comparación con T8 y con valores intermedios para T0.

8.3. COMPOSICIÓN DE LECHE

Cuadro V. Composición de leche por tratamiento.

	Tratamiento			EEM	T
	T0	T4	T8		
Grasa, %	4,10	3,95	3,99	0,22	0,604
Proteína, %	3,32	3,35	3,25	0,13	0,118
Caseína T., %	2,51	2,54	2,46	0,11	0,195
Lactosa, %	4,95	4,93	4,95	0,06	0,674

T: efecto del tratamiento (P>F); EEM: error estándar de la media.

T0: RTM *ad libitum* por 24 horas; T4: acceso a pastura por 4 horas *ad libitum* más RTM *ad libitum* por 20 horas; T8: acceso a pastura por 8 horas *ad libitum* más RTM *ad libitum* por 16 horas.

Caseína T.: Caseína total..

No se detectó efecto de la inclusión de pasturas sobre las variables % de grasa, proteína, caseína total, relación caseína total/proteína, lactosa y urea.

8.4. EFICIENCIA DE USO DEL ALIMENTO PARA PRODUCCIÓN DE LECHE.

Cuadro VI. Eficiencia de uso de alimento consumido para producción de leche.

	Tratamiento			EEM	T
	T0	T4	T8		
kg leche / kg MS consumida	1,40	1,36	1,45	0,16	0,2433
kg LCG / kg MS	1,54	1,46	1,55	0,23	0,3198

T: efecto del tratamiento (P>F); EEM: error estándar de la media.

T0: RTM *ad libitum* por 24 horas; T4: acceso a pastura por 4 horas *ad libitum* más RTM *ad libitum* por 20 horas; T8: acceso a pastura por 8 horas *ad libitum* más RTM *ad libitum* por 16 horas.

LCG kg/d: leche corregida por grasa al 3,5 % en kg/d.

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

9. DISCUSIÓN

Los valores productivos logrados son superiores a los obtenidos bajo condiciones de pastoreo con suplementación, en partos de otoño, en predios comerciales de Uruguay (Sotelo, 2011). En el presente trabajo se encontró una diferencia de 6,7% más de producción a favor de T4 en comparación con T8. Este resultado no concuerda con lo reportado por Morales *et al.* (2010), quienes trabajando con vacas alimentadas con RTM sin acceso a pasturas o, RTM más 6 y 12 horas de acceso a pastura, no encontraron diferencias en producción de leche. Sin embargo Bargo *et al.* (2002) reportaron una mayor producción en vacas alimentadas solo con RTM (38,1 kg/d) respecto a RTM más pastura de alta calidad (32,0 kg/d) y ambas comparando la misma pastura más concentrado (28,5 kg/d). En la comparación de tres sistemas de alimentación, RTM, pastura anual y pastura perenne con adición de concentrado en ambos, Fontaneli *et al.* (2005) observaron un 19% más de producción de leche en el sistema RTM. Vibart *et al.* (2008) realizaron un experimento en otoño evaluando la inclusión de pastura a diferentes proporciones en una dieta base RTM y no encontraron diferencias en producción. Sin embargo, los mismos autores repitiendo el ensayo en primavera detectaron una disminución lineal en la producción de leche con el aumento de pastura en la dieta ya que la misma era de menor calidad (13,9% vs 23,7% de PB) que la utilizada en el experimento de otoño.

Las diferencias obtenidas en nuestro experimento en cuanto a producción de leche podrían explicarse por un mayor consumo de MS y energía neta de lactación en los animales en T4 en comparación con T8 (25,6 kg MS vs 22,6 kg de MS). Esta diferencia en consumo total a su vez se explica por un mayor consumo de RTM (22,8 kg MS vs 18,9 kg MS), ya que la diferencia en consumo de pastura entre ambos tratamientos fue reducida (T4: 2,8 kg MS y T8: 3,6 kg MS)(Mendoza, 2011 sin publicar) y menor a la reportada por otros autores (Morales *et al.*, 2010). En cuanto a la ausencia de diferencias entre T4 y T0, podría explicarse por los consumos similares y a que el costo de pastoreo era eliminado, debido a que la misma era suministrada directamente en comederos individuales. Si los animales hubieran tenido que pastorear como ocurrió en otros experimentos similares, podrían haberse esperado diferencias a favor de T0 ya que el costo de pastoreo incrementa los costos de mantenimiento entre un 8 y 30% dependiendo de la disponibilidad de pastura y la distancia recorrida (Di Marco y Aello, 2001).

En cuanto a LCG, los mayores rendimientos en T4 en comparación con T8, podrían explicarse por mayor producción de leche ya que en la concentración de grasa no se observaron variaciones entre los tratamientos. Para Soriano *et al.* (2001) la inclusión de pasturas sobre una dieta base RTM no tuvo efectos en LCG, reportando producciones de 27,1, 27,3 y 28,7 kg/d para PPM, PAM y RTM respectivamente. Mientras que Bargo *et al.* (2002) encontraron para LCG, menores producciones a medida que aumentaba la inclusión de pastura en la dieta. De manera similar, las diferencias encontradas en LCS a favor de T0 y T4 en comparación con T8, se explicarían en gran medida por mayor producción de leche, ya que los porcentajes de grasa, proteína y lactosa no difirieron.

La tendencia a mayor producción de grasa observada en T0 en comparación con T8 se habría debido a la mayor producción de leche en dicho tratamiento, ya que como fue mencionado el porcentaje de grasa no fue afectado por el tiempo de acceso a la pastura. Si bien las vacas en T0 consumieron más concentrado en la RTM que en T8, la RTM tenía adecuados niveles de fibra la que superaba el 30% de FDN base seca recomendado por NRC (2001), la que aseguraría un buen nivel de fibra efectiva. La adición en la RTM de un alcalinizante como el óxido de magnesio y de una sustancia tampón como el bicarbonato de sodio también habría contribuido a mantener un pH ruminal más estable (Bach, 2002). Morales *et al.* (2010) detectaron las mismas diferencias encontradas en el presente trabajo, con disminución de la producción de grasa con mayor inclusión de pasturas en la dieta. En cuanto a concentración de grasa, Vibart *et al.* (2008) observaron, en el experimento realizado en primavera, una tendencia a una mayor concentración de grasa a medida que aumentaba los niveles de pasturas en la dieta, pudiendo explicarse por un efecto concentración y un menor consumo de concentrado a medida que consumían más pastura. En tanto, Bargo *et al.* (2002) reportaron diferencias en porcentaje de grasa en leche al comparar los tratamientos RTM y RTMP vs PC. En este trabajo, la menor concentración en el tratamiento PC se atribuyó a la alta digestibilidad de la fibra de las pasturas templadas y a la alimentación con concentrado separado de los forrajes, lo que podría llevar a caídas bruscas de pH ruminal y a su vez reducciones en la concentración de grasa en leche (Kolver y Veth, 2002).

Los mayores valores de producción de proteínas a favor de T0 y T4 en comparación con T8, probablemente sean efecto de una mayor producción de leche debido a un mayor consumo de energía, lo que además deja una mayor proporción de aminoácidos libres a nivel de intestino para la síntesis de proteína láctea (Rearte, 1992). De acuerdo con la bibliografía revisada, Bargo *et al.* (2002) reportaron mayores producciones de proteína en vacas con alimentación 100% RTM respecto a tratamientos con inclusión de pasturas, asociado a un mayor consumo de energía en este tratamiento. En contraposición, Morales *et al.* (2010) y Soriano *et al.* (2001) no encontraron diferencias al respecto debido probablemente a que los consumos de energía fueron similares para los distintos tratamientos. En cuanto a la concentración de proteína en leche, la misma no se vio afectada por los tratamientos empleados, lo que coincide sustancialmente con la mayoría de los trabajos realizados por otros autores. Como es sabido el porcentaje de proteína en leche es más difícil de alterar que la grasa mediante la manipulación de la dieta, más aun cuando los animales se encuentran en un balance de energía y proteína adecuado (Sutton, 1989). En este caso no serían de esperar cambios en el porcentaje de proteína, situación que habría ocurrido en nuestro trabajo.

Los resultados de caseína total siguen a los obtenidos para proteína, ya que las caseínas constituyen una gran proporción (80%) de las materias nitrogenadas de la leche. Si bien no hubo diferencias significativas en concentración, la mayor producción en T0 y T4 en comparación con T8 puede estar explicada por mayor producción de leche y mayor consumo de energía, lo que dejaría mayor cantidad de aminoácidos libres para la síntesis de caseína (Rearte, 1992). Para urea en leche no se encontraron



diferencias entre los tratamientos, pero los valores encontrados estuvieron por encima de los recomendados ($\square 18$ mg/dl) (Acosta *et al.*, 2006). Esto no concuerda con otros autores ya citados en la bibliografía (Bargo *et al.*, 2002; Vibart *et al.*, 2008), que encontraron aumentos de urea en leche a medida que se incrementa la proporción de pasturas en la dieta la cual tiene una alta proporción de proteína soluble (Cajarville y Repetto, 2005). Estos resultados pueden ser explicados por los bajos consumos de pasturas en los tratamientos (T4: 2,8 kg MS y T8: 3,6 kg MS) o a que la TMR contenía una alta proporción de proteína degradable.

En la concentración de lactosa no se encontraron diferencias entre los tratamientos, lo que está de acuerdo con otros autores que indican que es el componente mayor de la leche más difícil de modificar a través de la nutrición, ya que las respuestas logradas son demasiado pequeñas e inconsistentes para ser útiles (Sutton, 1989). La tendencia a mayor producción de lactosa en T4 en comparación con T8 está acompañada con la producción de leche debido a que la lactosa es el principal osmoregulador de la misma (Wattiaux, 2005).

Los datos de eficiencia de producción de leche son similares a los reportados en predios comerciales de Estados Unidos, con un uso mayoritario de dietas RTM (Britt y col., 2003). Por otra parte, son superiores a los reportados por Bargo y col. (2002) para dietas de pastura y RTM o pastura y concentrado, aunque en este experimento la proporción de pastura en la dieta fue mayor que en el presente trabajo. Los resultados sugieren que la diferencia en producción de leche entre tratamientos habría estado dada más que nada por diferencias en el consumo de alimento y no por cambios en la eficiencia en el uso del mismo. Esto concuerda con Van Soest (1994), quien señala que de las principales variables que definen la productividad de un animal (consumo, digestibilidad y eficiencia de uso del alimento), el consumo es la que tiene un mayor impacto.

10. CONCLUSIONES

La inclusión de cuatro horas de acceso a pastura permitiría mantener altas producciones de leche y sólidos al igual que en sistema de alimentación RTM, mientras que con ocho horas de acceso a la pasturas las producciones se verían disminuidas.

No hubo efecto del tiempo de acceso a pastura en una dieta base RTM sobre, la composición de leche o la eficiencia de uso del alimento para producción de leche.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, Y., Delucchi, M.I., Olivera, M., Dieste, C. (2006). Urea en leche: factores que la afectan. Jornada Técnica de Lechería. Florida. INIA. Serie Actividades de Difusión 455, pp: 97-106.
2. AOAC. (1990). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA, EEUU.
3. Astigarraga, L. (2003). El manejo de la alimentación como herramienta para modificar la composición química de la leche. En: Cabrera, MC, Astigarraga, L, Saadoun, A. Calidad de alimentos y calidad de productos de origen animal, eds: Universidad de la República Montevideo, p: 135-150.
4. Bach, A. (2002). Trastornos ruminales en el ganado vacuno lechero: un enfoque práctico. XVIII Curso de especialización FEDNA. Disponible en: http://fundacionfedna.org/sites/default/files/02CAP_VII.pdf Fecha de consulta: 9/2/12.
5. Bargo, F., Muller, L.D., Varga, G.A., Delahoy, J.E., Cassidy, T.W. (2002). Ruminant digestion and fermentation of high-producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science* 85: 2964–2973.
6. Bauman, D.E., Griinari, J.M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annual Reviews of Nutrition* 23: 203–227.
7. Britt, J.S., Thomas, R.C., Speer, N.C., Hall, M.B. (2003). Efficiency of converting nutrient dry matter to milk in Holstein herds. *Journal of Dairy Science* 86: 3796–3801.
8. Broderick, G.A. (2010). Nuevas perspectivas en la eficiencia del uso del nitrógeno en vacas lecheras. Simposio: Claves para el manejo nutricional de las vacas de alto potencial. Colonia, Uruguay, p. 5-18.
9. Cajarville, C., Repetto, J.L. (2005). Uso de concentrados para optimizar el aprovechamiento digestivo de las pasturas. XXXIII Jornadas Uruguayas de Buiatría. 10 de junio. Paysandú, Uruguay, pp.121-128.
10. Caramelli, A, Antúnez, M, Britos, A, Zanoniani, R, Repetto, JL, Boggiano, P, Cajarville, C. (2008). Efecto del horario de corte sobre la producción de gas in vitro de pasturas. XXXVI Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay, p: 265-266.

23. Morales, A., Soldado, A., González, A., Martínez, A., Domínguez, I., de la Roza, B., Vicente, F. (2010). Improving the fatty acid profile of dairy cow milk by combining grazing with feeding of total mixed ration. *Journal of Dairy Science* 77: 225-230.
24. NRC. National Research Council. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. 7a. ed. Washington D.C., National Academy Press. 381 p.
25. Rearte, D. (1992). Alimentación y composición de leche en los sistemas pastoriles. INTA E.E.A Balcarce. Cerbas. 94p.
26. Repetto, J.L., Cajarville, C. (2009). ¿Es posible lograr la sincronización de nutrientes en sistemas pastoriles intensivos? XXXVII Jornadas Uruguayas de Buiatría. 12 de junio. Paysandú, Uruguay, p: 60-67.
27. Schwab, C.G., Ordway, R.S., Whitehouse, N.L. (2004). Amino acid balancing in the context of MP and RUP requirements. Department of Animal and Nutritional Sciences. University of New Hampshire. Durham, NH 03824.
Disponible en: www.dairy.ifas.ufl.edu/rns/2004/Schwab.pdf. Fecha de consulta: 1/12/2011.
28. Soriano, F.D., Polan, C.E., Miller, C.N. (2001). Supplementing pasture to lactating Holsteins fed a total mixed ration diet. *Journal of Dairy Science* 84:2460–2468.
29. Sotelo, F. (2011). La vaca lechera promedio de los últimos cinco años. Instituto Nacional de Mejoramiento Lechero. Uruguay.
Disponible en: www.mejoramientolechero.org.uy Fecha de consulta: 4/12/2011.
30. Sutton, J.D. (1989). Altering milk composition by feeding. *Journal of Dairy Science* 72: 2801-2814.
31. Tamminga, S., Luteijn, P.A., Meijer, R.G.M. (1997). Changes in composition and energy content of liveweight loss in dairy cows with time after parturition. *Livestock Production Science* 52: 31-38.
32. Van Soest, P.J., Robertson, J. B., Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.
33. Van Soest, P. J. (1994). *Ecología nutricional del rumiante*. Ed. ACRIBIA. México.
34. Vibart, R.E., Fellner, V., Burns, J.C., Huntington, G.B., Green, J.T. (2008). Performance of lactating dairy cows fed varying levels of total mixed ration and pasture. *Journal of Dairy Science* 75: 471–480.

35. Walker, G.P., Dunshea. F.R., Doyle, P.T.(2004). Effects of nutrition and management on the production and composition on milk fat and protein: a review. Australian Journal of Agricultural Research 55: 1009-1028.
36. Wattiaux, M.A. (2005). Metabolismo de carbohidratos en vacas lecheras. Esenciales Lecheras capitulo 3. Disponible en: www.babcock.wisc.edu/es/node/135 Fecha de consulta: 4/12/2011.