

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**COMBINACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FORRAJE FRESCO Y RACIÓN
TOTALMENTE MEZCLADA EN DIETAS DE VACAS LECHERAS: EFECTO
SOBRE EL CONSUMO, PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE**

“por”

ALOY BERAZATEGUI, Emiliano.
BAZZANO VILLAR, Mathías.
CALVO FRACHELLE, Mauricio.

TESIS DE GRADO presentada como uno de los requisitos para obtener el título de Doctor en Ciencias Veterinarias
Orientación: Higiene, Inspección – Control y Tecnología de los alimentos de origen animal.

MODALIDAD: Ensayo experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2017**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa
DCV. MSc. Germán Antúnez

Segundo miembro (Tutor)
DMTV. MSc. Maximiliano Pastorini

Tercer miembro
DMTV. MSc. Alejandro Britos

Cuarto miembro (Co-tutor)
DMTV PhD. Cecilia Cajarville

Quinto miembro (Co-tutor)
DCV. MSc. Nicolle Pomiés

Fecha:

Autores:
Br. Emiliano Aloy

.....
Br. Mathías Bazzano

.....
Br. Mauricio Calvo

AGRADECIMIENTOS

- A Maximiliano Pastorini y Nicolle Pomiés quienes nos guiaron tanto en la realización del trabajo como en la etapa de escritura y la metodología para hacer las cosas bien. Nos apoyaron en todo momento, y sin ellos hoy no podríamos estar presentando este trabajo.
- A José L. Repetto, Cecilia Cajarville y Alejandro Mendoza por sus aportes en la realización del trabajo.
- A la Cátedra de Nutrición y Producción de Bovinos y sus funcionarios, por la ayuda brindada durante el período experimental y análisis en el laboratorio.
- A los funcionarios de Biblioteca, por brindarnos la información necesaria y guiarnos para realizar este trabajo.
- A la Universidad de la República (Facultad de Veterinaria) por darnos acceso al Campo Experimental N° 2 Libertad para realizar el ensayo experimental y a todos los funcionarios del campo.
- A Colaveco e INIA La Estanzuela por el procesamiento de las muestras.
- A todos los compañeros de tesis, compañeros y amigos de facultad.
- A nuestras familias, amigos y novias que nos apoyaron e incentivaron desde el comienzo de esta carrera.

TABLA DE CONTENIDOS

PÁGINA DE APROBACIÓN	1
AGRADECIMIENTOS	2
TABLA DE CONTENIDOS	3
ÍNDICE DE CUADROS	4
1. RESUMEN	5
2. SUMMARY	6
3. INTRODUCCIÓN	7
4. REVISION BIBLIOGRAFICA	9
4.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN LECHERA EN URUGUAY	9
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS PASTURAS TEMPLADAS DE ALTA CALIDAD	9
4.3 MECANISMOS DE REGULACIÓN DEL CONSUMO	10
4.4 CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN LOS DIFERENTES SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN: A PASTO, PASTO MÁS CONCENTRADO Y RTM	11
4.5 SÍNTESIS Y VARIACIÓN DE LOS DIFERENTES COMPONENTES DE LA LECHE	13
4.6 RTM EN LA ALIMENTACIÓN DE VACA LECHERA	16
4.7 EFECTO DE COMBINAR PASTURAS Y RTM EN DIETAS DE VACAS LECHERAS, ANTECEDENTES ESPECÍFICOS. CONSUMO DE MS, PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE	17
5. HIPÓTESIS	19
6. OBJETIVOS	19
6.1 OBJETIVO GENERAL	19
6.2 OBJETIVOS PARTICULARES	19
7. MATERIALES Y MÉTODOS	20
7.1 DISEÑO EXPERIMENTAL	20
7.2 MANEJO DE LOS ANIMALES Y ALIMENTACIÓN	20
7.3 MEDICIONES Y CÁLCULOS	22
7.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	23
8. RESULTADOS	24
9. DISCUSION	26
10. CONCLUSIONES	28
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro I. Composición química del forraje fresco (<i>Lolium multiflorum</i>), la RTM y de los alimentos utilizados para formular la RTM.....	24
Cuadro II. <i>Ingredientes</i> de la ración totalmente mezclada.....	25
Cuadro III. Consumo de materia seca en vacas lecheras de alta producción alimentadas con diferentes proporciones de RTM y FF (RTM100,RTM75,RTM50).....	27
Cuadro IV. Producción y composición de leche en vacas lecheras de alta producción alimentadas con diferentes proporciones de RTM y FF (RTM100, RTM75, RTM50).....	28

El objetivo del trabajo fue evaluar cómo influye suministrar diferentes proporciones de forraje fresco (**FF**) de alta calidad en una dieta en base a ración totalmente mezclada (**RTM**) sobre el desempeño productivo en vacas lecheras de alta producción. Para esto se utilizaron 12 vacas Holando, en un diseño de cuadrado latino 3 x 3 por cuadruplicado con periodos de 22 días (11 días de adaptación a la dieta y 11 días de mediciones), las cuales fueron alojadas en bretes individuales. Las variables se analizaron utilizando el procedimiento PROC MIXED del SAS (2002), las medidas de todos los parámetros evaluados fueron comparadas mediante el Test de Tukey. Los tratamientos evaluados fueron: RTM100 (100% RTM), RTM75 (75% RTM + 25% FF) y RTM50 (50% RTM + 50% FF). La RTM fue preparada diariamente, y el FF utilizado fue Raigrás anual (*Lolium multiflorum*) el cual se cortó diariamente y fue ofrecido fresco a los animales. El consumo de materia seca (CMS) fue mayor en RTM100 y RTM75 con respecto a RTM50 ($P = 0,018$). No se observaron diferencias en la composición de la leche (% de grasa y % de proteína) entre tratamientos ($P > 0,05$). Sin embargo, en los tratamientos RTM100 y RTM75 hubo una mayor producción diaria total (kg/d) de gasa, proteína, lactosa y caseína respecto a RTM50 ($P < 0,05$). El nitrógeno ureico en leche (MUN mg/dL) fue menor en RTM50 con respecto a RTM75 y RTM100 ($P < 0,001$). Existe una disminución del CMS y de producción de leche en el tratamiento con mayor proporción de FF en la dieta de vacas lecheras alimentadas con una dieta base de RTM. Hasta un 29% de inclusión de FF en la dieta se lograría mantener los niveles de CMS y producción de leche. A nivel máximo de inclusión de Raigrás evaluado en este trabajo (47% en base seca) no se detectaron diferencias en la composición de la leche.

2.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the influence of providing different proportions of high quality fresh forage (**FF**) in a based diet of total mixed ration (**TMR**) on the productive performance on high production dairy cows. For this study, twelve Holando dairy cows were used on a four 3 x 3 latin square design with periods of 22 days (11 days for adaptation to the diet and 11 days of measurement) which were housed in individual stalls. Variables were analyzed using SAS' PROC MIXED (2002) procedure. Measurements of all parameters were compared by Tukey's Test. The evaluated treatments were: TMR100 (100% TMR), TMR75 (TMR 75% + 25 % FF) and TMR50 (50% TMR + 50% FF). The TMR was prepared daily, and FF was cut and offered daily to the animals. As for the dry matter intake (DMI), it was higher in TMR 100 and TMR 75 compared to TMR50 ($P = 0,018$). No differences in milk composition were observed (fat % and protein %) between treatments ($P > 0,05$). however, in TMR100 and TMR75 treatments there was a higher daily yield (kg/d) of fat, protein, lactose and casein in relation with TMR50 ($P < 0,05$). Urea nitrogen in milk (MUN mg/dL) was lower in TMR50 in relation with TMR75 and TMR100 ($P < 0,001$). There is a decrease in DMI and of milk yield in the treatment with higher proportion of FF in milking cows' diet fed with a TMR base diet. Up to 29% of FF inclusion in the diet would maintain the levels of DMI and milk production. The maximum ryegrass inclusion level analyzed in this study (47% in dry base): there were no differences as to milk composition.

3.

INTRODUCCIÓN

La producción lechera en Uruguay se ha basado históricamente en un régimen pastoril. En los últimos 10 años se produjo un aumento en la producción de leche y se intensificó el uso del suelo. El área asociada a la agricultura se ha ido incrementando en detrimento de la superficie ocupada por la lechería lo que genera una alta competencia por el recurso suelo. En este marco la asignación de recursos disponibles y los cambios tecnológicos contribuyen al mantenimiento de la competitividad (Duran, 2010).

De este modo, desde hace algunos años que la superficie dedicada a la lechería, el número de establecimientos y la cantidad de animales que se destinan a la misma vienen disminuyendo. Sin embargo, la producción de leche viene en aumento año tras año, por lo cual existe hoy en día mayor cantidad de litros de leche producidos/hectárea (ha) al igual que vaca masa (**VM**)/ha comparándolo hacia atrás en el tiempo (DIEA, 2014).

El régimen pastoril es el sistema de alimentación de menor costo, ya que los nutrientes provienen de una fuente más económica como lo es la pastura. Sin embargo, para lograr niveles adecuados de consumo total de materia seca (**MS**) y de energía en vacas de alta producción, es necesaria la suplementación (Peyraud y Delaby, 2001).

Los sistemas lecheros de la región utilizan sistemas de alimentación en base a dietas mixtas que combinan el pastoreo directo de pasturas de alta calidad con el uso de concentrados y/o reservas forrajeras en diferentes proporciones y suministrados separadamente. Esta forma de suministro de los concentrados no ha sido capaz de optimizar las potencialidades de ambos alimentos (pastura y concentrado; Cajarville y col., 2012).

Las RTM se tratan de sistemas de alimentación que combinan alimentos concentrados y forrajes en una única mezcla y de esta manera son ofrecidos a los animales. Con esta ración se aporta mayor porcentaje de nutrientes requeridos por la vaca lechera en una dieta balanceada, evitando la selección de los diferentes componentes por parte de los animales (Gill, 1979). Sin embargo, el uso exclusivo de dietas de tipo RTM podría no ser adecuado para implementar en pequeños tambos ya que el equipamiento es costoso (Coppock y col., 1981), así como tampoco en sistemas de alimentación de base pastoril, donde la pastura constituye entre 40 y 60% de la MS total consumida por los animales, teniendo en cuenta que es muy difícil incorporar pasturas frescas a la RTM por un problema de volumen y de capacidad de mezclado.

En los últimos años en los sistemas de producción lechera de la región se ha comenzado a utilizar la suplementación del pastoreo con RTM. Este sistema de alimentación se denomina ración parcialmente mezclada (**RPM**) debido a que la pastura que consumen los animales no es parte integral de la RTM (Bargo y col.,

2002a). Estos sistemas RPM representan una alternativa de interés para la alimentación de vacas lecheras, a pesar de ser una alternativa donde es escasa la información disponible sobre las repercusiones en el aprovechamiento y desempeño productivo de los animales que lo consumen.

Nuestro trabajo contribuirá con la generación de información que dé cuenta sobre cuál es el efecto de combinar diferentes niveles de FF y RTM en la alimentación de vacas lecheras sobre el consumo de materia seca (**CMS**), producción y composición de la leche.

4.

REVISION BIBLIOGRAFICA

4.1 Sistemas de producción lechera en Uruguay

En 2007 la producción lechera estaba integrada por 4546 productores, los cuales ocupaban una superficie de 852 mil ha, estando el rodeo lechero compuesto por 279 mil vacas en ordeño (VO) y 398 mil cabezas de VM (DIEA, 2013). En 2015 se redujo la superficie dedicada a la lechería a 771 mil ha, con 329 mil VO y 452 mil VM, en un total de 3919 productores. Asimismo, los litros de leche anuales/VM ascendieron de 3877 en el año 2007/08 a 4680 en el 2014/2015 y de 1857 a 2830 L/ha/año respectivamente (DIEA, 2016).

En base a datos presentados por INALE (2016), a partir de la encuesta a productores se realizó la caracterización de los mismos. Quedaron definidos 7 tipos de sistemas de producción lechera, 3 con alto consumo de pasto (ACP; 10 kg MS de pastura/VM/día) y 4 con alto consumos de suplementos (ACS; 6 kg MS de pastura/VM/d), lo que de alguna manera evidencia el régimen pastoril en los sistemas de producción lechera a nivel nacional.

En el grupo de ACP el consumo total de MS es de 4500 a 7900 kg MS/ha (en promedio 68% de pasto, 17% de concentrado y 15% de reservas), alcanzando una producción de leche que van desde 3800 a 7800 L/ha VM, resultando en producciones individuales promedio entre 13 a 20 L/VO/d (INALE, 2016).

Asimismo, el grupo de ACS registran mayores consumos totales de MS entre 5000 a 9000 kg MS/ha (en promedio 43% de pasto, 27% de concentrado y 30% de reservas), logrando mayor producción de leche (4300 a 9000 L/ha VM) y producciones individuales promedio entre 15 a 21 L/VO/d (INALE, 2016).

Kolver (2003), menciona que las vacas lecheras en sistemas pastoriles no logran alcanzar el máximo potencial productivo, debido a que los animales logran menores CMS y de energía, lo que haría necesaria incluir la suplementación de las pasturas, tanto con concentrados como con RTM, para lograr maximizar los niveles productivos.

Si bien las pasturas con las que cuenta el país son de buena calidad, la cantidad disponible actúa como limitante durante diferentes períodos del año. Sobre todo, si pensamos en producciones elevadas y constantes a lo largo del año (Ganzábal y col., 2003), lo que hace imprescindible el uso estratégico de la suplementación de las vacas lecheras en estos momentos de desajuste entre la oferta y la demanda con reservas y concentrados (Chilibroste y col., 2012).

4.2 Características de las pasturas templadas de alta calidad

Como fue mencionado anteriormente, los sistemas semi-intensivos de producción lechera en nuestro país son principalmente de base pastoril. En estos, la base forrajera utilizada está compuesta principalmente pasturas templadas de alta calidad

como gramíneas C3, leguminosas y sus mezclas. Las leguminosas más utilizadas son la Alfalfa, (*Medicago sativa*) y algunos tréboles, (*Trifolium sp*) y las gramíneas del grupo C3, como lo son el Raigrás (*Lolium Multiflorum*), Festuca (*Festuca sp*), Avena (*Avena Sativa*) (Starr y col., 2004).

Las pasturas templadas suelen tener entre 18 a 24% de MS, 18 a 25% de proteína bruta (**PB**), 40 a 45% de fibra neutro detergente (**FND**) y de 1,53 a 1,67 Mcal/ kg MS de energía neta de lactación (**ENL**), además de proveer buenos niveles de carbohidratos no estructurales solubles (Bargo y col., 2003; Leaver, 1985). La calidad de las pasturas presenta variaciones que dependen de muchos factores, como la especie forrajera, época del año, estado de madurez e incluso variaciones que ocurren en el correr del día (Jarrige y col., 1995), como ocurre con el contenido de azúcares solubles (Repetto y col., 2003). En general estas pasturas al ser consumidas por las vacas lecheras ofrecen una buena digestibilidad mayor al 70% (Cajarville y col., 2012; Tebot y col., 2012).

Estas especies ocupan con frecuencia climas fríos o muy húmedos con temperatura óptima de 15 a 30 °C, el proceso fotosintético aumenta al disminuir la temperatura (Starr y col., 2004). Se realizó en nuestro país un relevamiento que incluyó forrajes provenientes de 40 parcelas de establecimientos productivos, cortadas en diferentes estaciones del año y en distintos momentos del día, las pasturas presentaron una composición química, con 18% de MS, 19% PB, 40% de FND y entre un 6 y un 10% de azúcares solubles según la estación del año y el momento del día (Antúnez y Caramelli, 2009).

4.3 Mecanismos de regulación del consumo

Uno de los factores más importantes que determina la performance animal es el consumo de alimento. El consumo es la integración multifactorial de eventos físicos, metabólicos y sociales (Forbes, 2007). Estos mecanismos regulan el consumo voluntario a corto (comidas en el día), mediano (comidas entre días) y largo plazo (meses) (Mertens, 1996). Este control está relacionado con la regulación del balance energético del animal, siendo el equilibrio energético el primer responsable del control integrado de la ingestión de alimentos (Coelho, 2011). En este sentido, Allen (1999) propone que el consumo está regulado por la integración de factores internos y externos del animal que afectan tanto la sensación de hambre y saciedad.

En cuanto a los factores que afectan y regulan el consumo podemos considerar a los tensoreceptores, ubicados en las paredes del rumen que envían señales al sistema nervioso central, indicando el llenado del mismo. Otra vía es la regulación metabólica que produce un cese del consumo cuando el animal ingiere el nivel de nutrientes requeridos, aunque no está claro, que tipo de nutriente, hormona, metabolito producido por el animal es el responsable de dicho cese (Forbes, 2007).

En este sentido, Chilbroste (1998) menciona que en rumiantes alimentados con pastura templadas de alta calidad los principales factores que indican el cese de la

alimentación serían la presión osmótica del líquido ruminal y/o la concentración de ácidos grasos volátiles (**AGV**), aunque no se debe olvidar que otros factores inherentes al animal como la raza, genotipo, edad, peso corporal, producción de leche, número y etapa de lactancia, gestación, condición corporal y enfermedades también están contribuyendo en la regulación del consumo voluntario.

Por otro lado, factores relacionados al alimento también van a estar afectando el consumo, entre los que encontramos la disponibilidad de forraje, asignación, altura, densidad, estructura y cobertura (Chilibroste, 1998). Así mismo, la especie forrajera, composición química de la dieta, porcentaje de MS, digestibilidad, degradabilidad y tasa de pasaje, procesado de alimento, grasa, calidad de conservación, y palatabilidad son algunos de los factores a tener en cuenta.

Uno de los componentes que es utilizado en la formulación de las dietas es la FND la cual resulta sumamente útil para predecir el efecto de llenado ruminal y el contenido de energía, ya que el CMS tuvo un efecto positivo con la concentración de FND cuando la limitante es la energía y negativo cuando el llenado ruminal actúa como limitante del consumo. Cambios en el contenido de FND de una dieta sustituyendo el forraje por grano debe dar lugar al aumento en el CMS ya que no se ve limitado por efecto del llenado ruminal, pero disminuye por la presencia de un exceso de combustibles metabólicos (Mertens, 1994).

Asimismo, debemos tomar en cuenta otros factores de ambiente y manejo que también afectan el CMS por parte del animal. Entre estos factores debemos considerar; el acceso al alimento, frecuencia de alimentación, dieta completa vs separada, anabólicos, aditivos, sales minerales, alojamiento, temperatura y humedad (Ingvarsen, 1994).

Otro factor importante es el comportamiento ingestivo (Chilibroste, 1998). El consumo en pastoreo de los animales lo determina la interacción entre: a) la tasa de consumo expresada en gramos por minuto, la cual se puede desglosar en tasa de bocados (bocados por minuto) y peso de bocado individual, el cual está compuesto por el volumen de forraje cosechado que depende de la profundidad de pastoreo y la densidad de del horizonte de pastoreo, también se puede ver afectado por el estado vegetativo de la pastura, esto explica de buena forma la variación en el consumo, y b) el tiempo de pastoreo efectivo tomado en minutos.

4.4 Características de la producción de leche en los diferentes sistemas de alimentación: a pasto, pasto más concentrado y RTM

La utilización de pasturas como único alimento impediría explotar en su totalidad el potencial productivo de vacas lecheras de alta producción. Los bajos CMS y de energía por parte de los animales pueden darse debido a la baja concentración energética de las pasturas, así como el alto contenido de fibras y de humedad (NRC, 2001). Según Van Vuuren y col. (2006) el aporte de energía en pastoreo, alcanza para una producción de leche por vaca de entre 17 y 25 kg/d.

En un trabajo de meta-análisis realizado por Pérez-Prieto y Delagarde (2013), analizaron los efectos de la asignación de pastura sobre diferentes parámetros productivos de vacas lecheras consumiendo pasturas templadas, los autores revisaron 56 trabajos que incluían 97 asignaciones diferentes de pastura y reportan consumos de pastura en promedio de 14,6 kg MS/d (6,6 y 24,0 kg MS/d; mínimo y máximo respectivamente) y producciones de leche promedio de 18,6 kg/d (7,3 y 32,0 kg/d; mínimo y máximo respectivamente). Estos autores concluyen que existe una fuerte relación entre la asignación de pasturas y el consumo de MS y la producción de leche, aumentando estos parámetros a tasas decrecientes con el aumento del nivel de asignación de pastura (kg/vaca/d). En este sentido Bargo y col. (2002b), reportan un aumento en el CMS de 17,5 a 20,5 kg MS/día en vacas lecheras, cuando el forraje disponible por animal pasó de 25 a 40 kg MS/vaca/día.

La suplementación con concentrados de vacas lecheras en pastoreo, tiene como objetivo aumentar el CMS y energía en comparación con dietas netamente pastoriles (Stockdale, 2000). La utilización de concentrados en dietas a base de pasturas en vacas lecheras ha logrado aumentar la producción de leche a razón de 1 kg de leche/ kg de concentrado suministrado a vacas de alta producción (Leaver, 1985; Bargo y col., 2003). En este sentido Bargo y col. (2002b), explica que la mayor producción de leche es debido al aumento en el consumo total de MS de animales en pastoreo suplementados con concentrados.

En una revisión de Bargo y col. (2003) sobre experimentos donde analizaron dietas exclusivamente pastoriles y dietas a base de pasturas más la adición de concentrados, reportan que la producción de leche aumentó en promedio 4,4 kg/d la con una suplementación del 22% de la MS total consumida respecto a una dieta únicamente pastoril.

Los sistemas lecheros de la región utilizan dietas mixtas que combinan el pastoreo directo con el uso de suplementación con concentrados y/o forrajes conservados en diferentes proporciones pero suministrados separadamente; sin embargo esta forma de suministro de los concentrados no ha demostrado ser capaz de optimizar las potencialidades de ambos alimentos (pastura y concentrado) (Cajarville y col., 2012).

Por lo mencionado anteriormente se ha comenzado a utilizar en los últimos años las RTM como sistema de alimentación en predios lecheros de la región, bien como suplemento de pasturas "RPM" o RTM como tal.

En el experimento realizado por Kolver y Muller (1998), estos autores reportan que la producción de grasa y proteína fue menor (kg/d) en las vacas alimentadas con pastura respecto a las alimentadas con RTM, lo que podría deberse a un menor consumo de energía metabolizable (**EM**) (Bargo y col., 2002b).

En este sentido a nivel internacional encontramos diversos trabajos que comparan estos diferentes sistemas de alimentación (pastura y RTM), (Bargo y col., 2006; Schroeder y col., 2003 y 2005; Kolver y Muller, 1998; Soriano y col., 2001; Tucker y

col., 2001; Fontaneli y col., 2005; Mendoza y col., 2016). Tomados en conjunto, estos estudios reportan que cuando se pasa de un sistema de tipo RTM a uno pastoril, este cambio va acompañado de una reducción en la producción de los animales que oscila entre 20 y 30%, aunque otros autores reportan, a partir de encuestas a productores en EEUU, que dicha reducción varía entre 3 y 5% (Hanson y col., 1998).

4.5 Síntesis y variación de los diferentes componentes de la leche

La leche se forma en las células del epitelio que recubren los alveolos mamarios. La actividad secretora de la glándula se encuentra regulada por un complejo hormonal lactógeno en los que intervienen la prolactina, somatotropina, y la hormona placentaria lactógena (Alais, 1985), siendo sus principales componentes: agua, grasa, proteína, carbohidratos, minerales y vitaminas.

La cantidad de grasa en la leche varía entre un 3 y un 5% y es constituida en un 98% por triglicéridos sintetizados en la glándula mamaria a partir de una molécula de glicerol y tres ácidos grasos (**AG**), los cuales están presentes en la leche, como parte integral de los glóbulos butirosos (Rearte, 1992). Estos ácidos grasos, pueden ser captados directamente de la sangre (AG de cadena larga con más de 16 carbonos) o sintetizados *de novo* en la glándula mamaria a partir de acetato y β -hidroxibutirato. Del total de AG de la leche, aproximadamente el 50% son sintetizados *de novo* en la glándula mamaria y el 50% restante es captado directamente de la circulación sanguínea (Bauman y Griinari, 2003).

El 80% de la proteína de la leche está formada por caseínas (α , β y γ). Un 15% está integrado por α y β lactoalbúminas (Rearte, 1992) y el 5% restante es nitrógeno no proteico (**NNP**) del cual el 50% es urea (Bachman, 1992). Aproximadamente el 90% de las proteínas de la leche son sintetizadas en la propia glándula mamaria a partir de aminoácidos provenientes de la proteína microbiana sintetizada a nivel ruminal y de la proteína que escapa a la degradación a ese nivel (Rearte, 1992).

Para un uso eficiente a nivel ruminal de la proteína degradable en rumen proveniente de la dieta se necesita un aporte adecuado de energía, de lo contrario un exceso de ingesta de proteína degradable en rumen no acompañada de una fuente de energía, sobrepasa la capacidad de los microorganismos para asimilar la rápida liberación de amoníaco, y por lo tanto este se absorbe y es transportado al hígado donde se convierte en urea. El exceso de esta es excretado a través de la leche y la orina como NNP superando las concentraciones normales. Determinar el nitrógeno ureico en leche (**MUN**) es una forma rápida y no invasiva, que permite monitorear la relación entre el balance energético y la proteína degradable en el rumen ofrecida en la dieta, los valores normales de MUN se encuentran en el rango de 10 a 18 mg/dl (Acosta y col., 2005).

La lactosa es el principal carbohidrato de la leche, cuyo origen está en la glucosa proveniente de la sangre y por esta razón es el nutriente limitante para la producción

de leche. El tejido mamario toma la glucosa y la isomeriza en galactosa, a la cual liga a un resto de la glucosa para formar la lactosa a través de la enzima lactosa sintetasa (Mendoza, 2010). La principal función biológica de esta, es la regulación osmótica de la leche, su concentración es del orden de 4,6%, tendiendo a ser constante al igual que los minerales y las vitaminas presentes. Existen en la leche otros carbohidratos de menor importancia como: monosacáridos, azúcares, oligosacáridos (Linn, 1988).

Existen diversos factores que impactan sobre los diferentes componentes de la leche, que para su mejor comprensión los agruparemos según sean del animal, de su manejo o de su entorno.

Sobre los factores relacionados al animal; mencionaremos en primer término los raciales y genéticos que tienen injerencia sobre los sólidos totales que componen la leche aumentando o disminuyendo según la raza.

El número de lactancias, y edad del animal tienen efecto sobre la producción de grasa total, la proteína y la composición de las mismas. Sobre esto se ha informado que al pasar de 5 lactancias existe una disminución de 0,2% de la materia grasa y 0,4% en la proteína (Alais, 1985).

Posteriormente, la materia grasa disminuye durante los primeros 2 meses de lactancia y tiende a aumentar nuevamente en forma gradual y lenta cuando la lactancia progresa. A su vez, la proteína total cae abruptamente en pocos días, en la transición de calostro hacia leche y alcanza el mínimo alrededor de 5 a 10 semanas de lactancia, correspondiendo con la máxima producción de leche. Luego el contenido de proteína tiende a aumentar gradualmente cuando progresa la lactancia o aumenta con la gestación. Existen factores referidos a la condición sanitaria y fisiológica de las vacas; como la mastitis que generalmente produce una disminución del porcentaje de materia grasa, aun cuando ésta disminuye menos de lo que disminuye la proteína y la lactosa. La inflamación del parénquima mamario provoca un cambio en la composición de la grasa (Rearte, 1992).

En cuanto a los factores ambientales, Rearte (1992) menciona que existen variaciones estacionales en la composición de la leche, donde en los meses de verano se caracterizan por promediar 0,4% menos de grasa que los meses de invierno. Con respecto al porcentaje de proteína, este es mayor durante el otoño e invierno respecto a la primavera y verano.

Dentro de los factores de manejo que puede estar afectando la composición de la leche, el procedimiento de ordeño es un factor importante. Si este es incompleto, prácticamente no tiene efecto sobre la proteína, a diferencia de la grasa en la cual influye negativamente en comparación a un ordeño completo (Saran, 2000).

Respecto a los factores nutricionales que afectan los componentes de la leche, las típicas dietas formuladas para vacas de alta producción contienen alta concentración

de energía que suele provenir de fuentes de carbohidratos fácilmente fermentescibles. Estas dietas producen una alteración en el proceso fermentativo a nivel ruminal con un cambio en el pH del rumen, como consecuencia una depresión en la digestión de la fibra y por ende un cambio en los productos de fermentación ruminal (aumenta la producción de propionato en detrimento del lactato), disminuyendo el sustrato disponible para la síntesis de grasa a nivel de la glándula mamaria (Astigarraga, 2003).

El tipo de forraje, la calidad del forraje, la madurez, y el tamaño de partícula tienen influencia sobre el porcentaje de grasa en leche. Es así como el forraje finamente molido produce un cambio en los productos de fermentación ruminal dado la velocidad con que se procesa por parte de los microorganismos del rumen, aumentando la proporción de propionato en relación al acetato (considerado como precursor de la grasa láctea) y por lo tanto una disminución del porcentaje de la misma (Bachman, 1992).

La fuente de carbohidratos dietarios, es otro factor a considerar, dado que pueden influir sobre la fermentación en el rumen y consecuentemente sobre el porcentaje de grasa láctea. Por ejemplo, la menor o más lenta degradación ruminal del maíz en el rumen en comparación con la cebada podría resultar en la producción de leche con un mayor contenido de grasa. En ese sentido, hoy día se manejan una serie de tratamientos orientados a modificar y mejorar el comportamiento degradativo en el rumen y obtener mayor producción y mejor composición de la leche (Bachman, 1992).

La concentración de la proteína cruda dietaria afecta la producción de leche y consecuentemente el porcentaje de proteína láctea, sin afectar mayormente el porcentaje de materia grasa, salvo que se afecte el crecimiento microbiano y la actividad celulolítica, que es la que contribuye con el sustrato para la síntesis de materia grasa en la glándula mamaria. Así también, todos aquellos factores que influyen sobre la fermentación ruminal y el crecimiento microbiano afectan el contenido de proteína de la leche. Un insuficiente aporte de proteína dietaria reduce la producción de proteína láctea, pero este efecto puede ser minimizado con la incorporación a la dieta de alimentos con proteína de baja degradabilidad ruminal. También, bajo ciertas circunstancias productivas y de manejo alimentario, es posible usar la suplementación de aminoácidos protegidos, para mejorar el contenido de proteína de la leche (Bachman, 1992).

La energía de la dieta es el factor nutricional de mayor importancia que afecta la producción y porcentaje de proteína de la leche; ya sea en cantidad, densidad energética o fuente de energía. Un incremento de la energía dietaria produce un aumento de la producción de leche y del porcentaje de proteína. Fuentes de energía que deriven en un incremento del ácido propiónico conducen a un mayor contenido de proteína en la leche, debido a que este es pieza fundamental para la

neoglucogénesis vía hepática aportando así la energía necesaria para la síntesis de proteína (Alais, 1985).

En la dieta de las vacas lecheras se han evaluado distintas fuentes de lípidos, tanto naturales como manufacturados, determinando que el efecto sobre la producción y composición de leche dependen de las características de la dieta, del método de alimentación y de otras características propias del animal. Si se realiza una suplementación de aceites y grasas se logra modificar tanto el contenido de grasa (aumentarlo o disminuirlo) como también modificar la composición de la grasa láctea (Rearte, 1992).

Con respecto a la proteína láctea, la adición de grasas o aceite en la dieta tendrá un efecto distinto según el origen de esa grasa. Con grasa de origen vegetal se observa una disminución del porcentaje de proteína, con una disminución del porcentaje de caseína. Con la grasa de origen animal no se ha observado efectos o han sido mínimos (Bachman, 1992).

4.6 RTM en la alimentación de vaca lechera

Las RTM se tratan de sistemas de alimentación que combinan alimentos concentrados y forrajes totalmente mezclados. De esta manera se evita que el animal seleccione los componentes de la misma. Otra de las características de este sistema es que mediante una dieta balanceada se aporta el mayor porcentaje de nutrientes requeridos por la vaca lechera (Gill, 1979).

Un uso estratégico de este tipo de dietas en determinados momentos del ciclo productivo de la vaca lechera, como por ejemplo el inicio de la lactancia, y como complemento de una dieta que incluya pasturas, podría tener un importante impacto sobre el desempeño productivo de los animales (Mendoza y col., 2009).

Este sistema promovería el incremento de la producción individual de los animales, y facilitaría al nutricionista la tarea de formular una dieta más precisa que cuando se ofrecen los ingredientes por separado. Por otra parte, el uso de RTM tiene algunas desventajas que deben ser tenidas en cuenta al momento de decidir su adopción. Por ejemplo, requiere el uso de algún tipo de equipo para la mezcla y el reparto de la RTM, así como instalaciones para la alimentación de los animales (corral o patio de alimentación), para el tratamiento de los efluentes generados y para el almacenamiento de los alimentos a usar, lo cual supone una inversión en capital (Lammers y col., 2002).

Algunos de los aspectos citados han contribuido a dar al manejo en confinamiento una imagen más reñida con las buenas prácticas ambientales respecto a la alimentación en base a pasturas. Sin embargo, un análisis comparativo del impacto ambiental de los actuales sistemas intensivos de producción de leche de EEUU (año 2007, basados en el uso de RTM) y los sistemas tradicionales (año 1944, basados en un mayor uso de pastura) reveló que los primeros requerirían; un 21% de los animales, un 23% de alimentos, un 35% de agua, y un 10% de la tierra de la

requerida para producir un billón de kg de leche respecto al año 1944. Respecto a los “outputs;” un 24% de efluentes, un 43% de metano, y un 56% de óxido nitroso menos de cada uno de estos ítems para producir e mismo billón de kg de leche. Debemos tener en cuenta que el rodeo de 1944 estaba compuesto por un 54% de Jersey/Guernsey y 46% Holstein a diferencia del rodeo de 2007 que era más de 90% Holstein (Capper y col., 2009).

A manera de resumen, se podría considerar que la posibilidad de incrementar el consumo total de MS y mejorar el balance de nutrientes consumidos a través del uso de dietas RTM permitiría que cada vaca fuera capaz de producir de acuerdo a su potencial genético.

4.7 Efecto de combinar pasturas y RTM en dietas de vacas lecheras, antecedentes específicos. Consumo de MS, producción y composición de leche

Respecto a la literatura consultada sobre la combinación de dietas RTM con pasturas, encontramos varios estudios acerca de vacas alimentadas con diferentes combinaciones de pasturas templadas y RTM. Bargo y col. (2002a) realizaron un estudio que se basó en alimentar vacas con; 1) pradera más concentrado (PC), 2) pasturas más RTM (RTMP) y 3) solo RTM. Los autores observaron que a mayor cantidad de pastura en la dieta menor CMS total, siendo los animales alimentados con RTM y RTMP los que obtuvieron mayores CMS total en relación a las vacas consumiendo PC.

Vibart y col. (2008), realizaron un estudio basado en dietas con distintas combinaciones de RTM y pastura: 1) 100% RTM; 2) 85% RTM85 y 15% pastura; 3) 70% RTM y 30 pastura y 4) 55% RTM y 45% pastura. Estos autores observaron que el aumento en la proporción de raigrás anual en estado vegetativo de 21 a 41% (base seca) en una dieta mixta compuesta por pastura + RTM no afectó el CMS total, aunque con la misma pastura, pero en un estado más avanzado de madurez, el aumento de la proporción de pastura de 11 a 35% (base seca) redujo el consumo total de MS.

Del mismo modo cuando se comparó un grupo vacas lecheras alimentadas exclusivamente con una dieta RTM frente a otros dos grupos con acceso 6 o 12 h a pastura (lo que significa un consumo de 21 a 37% de MS proveniente de la pastura en la dieta), los autores no observaron diferencias en el consumo de MS total (Morales-Almaráz y col., 2010). En el mismo sentido, Soriano y col. (2001) reportan que el CMS en vacas lecheras alimentadas con RTM, RTM + pastoreo am, y RTM + pastoreo pm, no se reduce cuando la pastura ocupa entre un 23 a 34%.

Kolver y Muller (1998), estudiando el consumo y nivel de producción de vacas lecheras, compararon vacas alimentadas a bases de pastura de buena calidad como único alimento, o una RTM, y observaron que el CMS para las vacas alimentadas a

base de RTM fue de 23,4 kg MS/d respecto de las vacas alimentadas exclusivamente con pastura, las cuales alcanzaron un consumo de 19 kg MS/d.

Finalmente, en un trabajo realizado por Mendoza y col. (2016), donde se alimentaron vacas con una dieta en base a RTM y acceso a FF por 0 (RTM0), 4 (RTM4) y 8hs (RTM8) al día. Se observó que cuantas más horas de pastoreo mayor CMS de FF y disminuyó el CMS de la RTM, el cual pasó de 24,5 kg MS/d cuando no tuvieron acceso a la pasturas a 19,0 kg MS/d con 8hs de pastoreo. El CMS total fue mayor en RTM4 con valores promedio de 25,6 kg MS/d comparado con RTM8 que fue de 22,6 kg MS/d, RTM0 no difiere de ambos tratamientos.

Existen algunos estudios sobre producción y composición de leche combinando pasturas y RTM en dietas de vacas lecheras. Bargo y col. (2002a) observaron que las vacas alimentadas con RTM y RPM obtuvieron mayor producción de leche, grasa en leche y porcentajes de proteína verdadera que las vacas en pastura con concentrado. Las vacas alimentadas con RPM tuvieron menor concentración de urea en plasma y leche con respecto a las alimentadas con pastura y concentrado, lo que sugiere una mayor utilización del nitrógeno a nivel ruminal.

Vibart y col. (2008), observaron que la producción de leche no se ve afectada cuando la pastura, en estado vegetativo, ocupa entre un 21 a un 41% de la dieta, a su vez se redujo la producción de leche y proteína cuando la inclusión de pastura fue de 11 a 35% de la MS de la dieta pero con un estado más avanzado de madurez. En este mismo sentido a medida que aumenta la inclusión de pastura en las dietas también aumentan los ácidos linoleicos conjugados en leche y disminuyen los ácidos grasos saturados, lo que da como resultado un mejor producto final, debido a que existe un alto valor de ácido linolenico proveniente del forraje fresco (Chilliard et al., 2000).

Por otra parte Kolver y Muller (1998), reportan que la producción de leche fue de 29,6 kg/d en vacas alimentadas con pastura (53% *Lolium perenne*, 19 *Trifolium repens*, 23% *Dactylis* + *Festuca*, composición con un 19 % MS) vs. 44,1 kg/d en vacas alimentadas con RTM (61,9%MS compuesto por; 25% maíz sin cascara de alta humedad, 23,95% silo de maíz, 18,70 % silo de Leguminosa, 12,5 % semilla de algodón). Asimismo, el porcentaje de proteína en leche fue menor en las vacas alimentadas con pastura respecto de aquellas alimentadas con RTM (2,61 % frente a 2,80 %). Los autores mencionan que la principal limitante para la producción de leche a partir de pasturas de alta calidad fue el bajo consumo de energía metabolizable (EM).

Mendoza y col. (2016) describen que no se observaron variaciones en cuanto a la producción de leche (kg/d) entre los tratamientos RTM0 y RTM4, en cambio se encontró una menor producción en RTM8 (32,7kg/d) vs RTM0 (34,4kg/d) y menor cantidad de proteínas láctea (1,06kg/d vs. 1,13kg/d) RTM8, RTM0 respectivamente, debido a un menor CMS total observado en el tratamiento RTM8.

5.

HIPÓTESIS

El aumento de la proporción de forraje fresco en la dieta de vacas lecheras alimentadas con una dieta base de raciones totalmente mezcladas, provocará una disminución del consumo total de materia seca, y una reducción tanto del volumen de leche producido como en la cantidad de sólidos totales.

6.

OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de incluir diferentes proporciones de forraje fresco de alta calidad en una dieta base de raciones totalmente mezcladas, sobre el desempeño productivo en vacas lecheras de alta producción.

6.2 Objetivos particulares

Evaluar el efecto de suministrar diferentes proporciones de un forraje fresco de alta calidad y una ración totalmente mezclada en vacas lecheras de alta producción sobre:

1. El consumo de materia seca total, de la ración totalmente mezclada y del forraje.
2. La producción y la composición de la leche.

7.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Campo Experimental N° 2 – Libertad, de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de la República, ubicado en el km 42,200 de la ruta nacional N° 1, en la zona de Libertad en el Departamento de San José, Uruguay (34° S y 55° O), en las instalaciones de la Unidad de Metabolismo y Digestión Ruminal de los Departamentos de Nutrición Animal y Bovinos. Los análisis de composición química de los alimentos utilizados para las dietas se realizaron en el laboratorio del Departamento de Nutrición de la Facultad de Veterinaria, mientras que el contenido de grasa, proteína, urea y lactosa en leche, así como el perfil de ácidos grasos se realizaron en el laboratorio Colaveco y el análisis de caseína en leche se realizó en el laboratorio de calidad de leche del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria – La Estanzuela.

El trabajo con animales fue realizado de acuerdo con los reglamentos sobre el uso de animales en experimentación, enseñanza e investigación (Comisión Honoraria de Experimentación Animal (C.H.E.A), UdelaR, Uruguay), y en el marco del protocolo de investigación aprobado por la Comisión de Experimentación en el Uso de Animales (CEUA) PI 12/13 Exp. 111130-000818-13.

7.1 Diseño experimental

Se utilizaron 12 vacas multíparas Holando, seleccionadas del rodeo del campo experimental, con 90 ± 22 días de lactancia, 523 ± 88 kg de peso vivo y 7908 ± 719 kg de leche de producción en la lactancia anterior (media \pm desvío estándar (DE)). Los animales fueron agrupados en un diseño de cuadrado latino de 3x3 por cuadruplicado, los cuales fueron bloqueados en cada cuadrado según su peso vivo, producción al inicio del experimento, y producción en la lactancia previa; y dentro de cada cuadrado se asignaron al azar a los tres tratamientos: 1) RTM100: oferta *ad libitum* de una RTM. 2) RTM75: oferta equivalente al 75 % del consumo estimado de MS de la RTM utilizada en RTM100 + oferta de FF de alta calidad equivalente al 25% del consumo estimado de MS. 3) RTM50: oferta equivalente al 50 % del consumo estimado de MS de la RTM utilizada en RTM100 + oferta de FF de alta calidad equivalente al 50% del consumo estimado.

7.2 Manejo de los animales y alimentación

Los animales fueron alojados en bretes individuales donde tuvieron libre acceso a agua fresca. El FF utilizado fue Raigrás anual (*Lolium multiflorum*), cultivar LE 284, con una disponibilidad de 2545 ± 472 kg de MS/ha en promedio para los tres períodos. La misma fue cortada diariamente a las 11:00 h para los dos tratamientos que la consumían, a 10 cm del suelo con una segadora de discos, y fue ofrecida en comederos individuales. El forraje se conservó fresco durante todo el día debido a las bajas temperaturas ambiente registradas durante el período de experimentación (temperatura promedio 9° C, INIA Las Brujas, entre junio y agosto de 2012), y el sobrante de cada día se desechó al día siguiente. La ingesta diaria comenzaba a la

hora 08:00, siendo ésta considerada como la hora 0 de referencia para los muestreos y mediciones.

La RTM100 fue formulada y balanceada de acuerdo a las recomendaciones del NRC (2001) para cubrir los requerimientos de una vaca de 600 kg de peso produciendo 35 kg de leche/día. La composición química de la pastura, la RTM y los ingredientes con que fue formulada la RTM, se presenta en el cuadro I, y los ingredientes de la RTM se presentan en el cuadro II. La cantidad de alimento se asignó a cada animal en función del consumo potencial individual, el que se determinó durante 10 días previos a la adaptación del primer periodo. Para el tratamiento RTM100 se ofreció RTM como único alimento y en el caso de los tratamientos RTM75 y RTM50, se ofreció el 75% y 50% del consumo potencial de la misma RTM que en RTM100, completando el 100% de la dieta con el 25% y 50% de FF respectivamente. El promedio de oferta fue de 30 kg de MS por animal de los cuales el 75% era RTM y el 25% de forraje fresco para RTM75 y 50% RTM y 50% de forraje fresco para RTM50.

Cuadro I. Composición química¹ del forraje fresco (*Lolium multiflorum*), la RTM y de los alimentos utilizados para formular la RTM.

	FF ²	RTM ³	EMPE ⁴	GHM ⁵	HS ⁶
MS ⁷ (%)	17,5 ± 5,2	38,1 ± 1,8	23,2 ± 1,5	78,4 ± 0,9	90,0 ± 0,1
Composición (%MS)					
MO ⁸	84,9 ± 1,2	92,7 ± 0,4	91,63 ± 0,8	98,3 ± 0,7	91,6 ± 0,2
PB ⁹	15,1 ± 2,7	18,0 ± 0,8	8,10 ± 0,1	9,5 ± 0,2	50,3 ± 1,1
FND ¹⁰	40,8 ± 4,8	41,1 ± 2,8	52,0 ± 2,1	8,5 ± 0,1	18,0 ± 0,4
FAD ¹¹	24,1 ± 2,4	24,6 ± 0,3	31,0 ± 0,9	2,2 ± 0,2	6,7 ± 0,1
CNF ¹²	26,3 ± 3,1	31,7 ± 3,2	29,3 ± 2,7	79,3 ± 0,9	21,3 ± 1,4
EE ¹³	2,7 ± 0,2	1,9 ± 0,1	2,2 ± 0,1	4,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1
AS ¹⁴	20,0 ± 0,7	4,2 ± 0,3			
NDIN ¹⁵	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0	1,7 ± 0,1
NIDA ¹⁶	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,0	0,3 ± 0,0	1,4 ± 0,1
Composición (Mcal/kg MS)					
ENL ¹⁷	1,48 ± 0,1	1,70 ± 0,2			

¹Promedio de los 3 periodos, ²Forraje fresco, *Lolium multiflorum* Disponibilidad 2545 ± 472 kg/MS/ha promedio en los 3 periodos; ³Ración totalmente mezclada; ⁴Ensilaje de maíz planta entera; ⁵Grano húmedo de maíz; ⁶Harina de soja; ⁷Materia seca; ⁸Materia orgánica; ⁹Proteína bruta; ¹⁰Fibra neutro detergente; ¹¹Fibra ácido detergente; ¹²Carbohidratos no fibrosos, calculado como: %CNF = %MO – (%PB + %FND + %EE); ¹³Extracto al éter; ¹⁴Azúcares solubles; ¹⁵Nitrógeno insoluble en detergente neutro; ¹⁶Nitrógeno insoluble en detergente ácido; ¹⁷Energía neta de lactación (Mcal/kg), según NRC (2001).

La rutina de alimentación a los animales comenzaba a las 08:00 h (hora 0), coincidente con la salida del primer ordeño, y se le asignaba una primera sesión de RTM a los tres tratamientos por igual. El tratamiento RTM100 continuaba con acceso a RTM por el resto del día. Aproximadamente a la hora 2, ambos tratamientos que incluyen FF en la dieta pasaban a comer FF. Posteriormente hacia la hora 6 el tratamiento RTM75 retomaba el consumo de RTM hasta el final de la jornada, mientras que RTM50 retomaba el consumo de RTM aproximadamente a la hora 10 (18:00 h).

Los animales fueron ordeñados dos veces por día (07:00 y 18:00 h) y luego volvían a sus respectivos bretes donde seguían con los tratamientos asignados. Durante el ordeño no se les administró ningún tipo de alimento. La RTM se mezclaba diariamente y se ofrecía según el tratamiento, reponiendo a medida que los animales la consumían. Durante dos días consecutivos de cada período se determinó el peso de todas las vacas con una balanza electrónica.

Cuadro II. Ingredientes de la ración totalmente mezclada.

Ingredientes	% de la MS
Ensilaje de maíz planta entera	53
Grano húmedo de maíz	23
Harina de soja	22
Vitaminas ¹	0,01
Bicarbonato de sodio	0,60
Oxido de magnesio	0,20
Fosfato di-cálcico	0,40
Cloruro de sodio	0,20
Carbonato de Calcio	0,20
Monensina ²	0,01
Secuestrante	0,04
Levaduras ³	0,01

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

²Rumensin® 100 Premix, Elanco Animal Health, Greenfield, EEUU.

³Procreatin 7 ®, Elanco Animal Health, Greenfield, EEUU.

Los cambios en las dietas correspondientes a cada tratamiento se realizaron progresivamente durante cada período de adaptación. Cada período experimental tuvo una duración de 22 días, consistiendo en 11 días de adaptación, seguido de 11 días de mediciones.

7.3 Mediciones y cálculos

Consumo de materia seca:

A partir del día 2 hasta el día 8 de cada período de mediciones se determinó el consumo individual diario de alimentos tanto de la RTM como del FF, por diferencia de peso entre la cantidad de alimento ofrecido y rechazado por cada animal. Se tomaron muestras diarias de los alimentos ofrecidos y rechazados, de los cuales se determinó el porcentaje de MS a través del secado en estufa a 60°C por 48 horas.

Producción y composición de la leche:

La producción de leche se determinó en los días 2 a 7 de cada período de mediciones en los dos ordeños con lactómetros manuales (Tru-test by Tru-test Limited, New Zeland). Se colectaron muestras individuales de leche en 4 ordeños consecutivos en los días 4 y 5 de cada período de mediciones, utilizándose bronopol como conservante, para posteriormente determinar el contenido de grasa, proteína, caseína total, lactosa y nitrógeno ureico en leche por análisis de infra-rojo (model 2000, Bentley Instruments Inc., Chaska, MN IDF, 2000). La producción de leche corregida por grasa (LCG 3.5%) se calculó de la forma descrita por Tyrrell y Reid (1965).

7.4 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 residuos mediante procedimientos univariantes (PROC UNIVARIATE).

Las variables se analizaron utilizando el procedimiento PROC MIXED de SAS (2002) de acuerdo al modelo lineal mixto:

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

donde Y_{ijkl} es la variable dependiente, C_i es el efecto aleatorio del cuadrado, $V_j(C_i)$ efecto variable de vaca dentro del cuadrado, P_k efecto aleatorio del período, T_l el efecto fijo del tratamiento y e_{ijkl} 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

El CMS diario en RTM100 y RTM75 (Cuadro III) fue 8% superior que en RTM5.

Cuadro III. Consumo de materia seca en vacas lecheras de alta producción alimentadas con diferentes proporciones de RTM y forraje fresco.

	Tratamientos ¹			EEM	P ²
	RTM100	RTM75	RTM50		T
Consumo MS					
RTM (kg/día)	24,8 ^a	17,6 ^b	12,1 ^c	0,84	<0,001
Forraje fresco (kg/día)	0,0	7,0 ^a	10,7 ^b	0,29	<0,001
Total (kg/día)	24,8 ^a	24,6 ^a	22,8 ^b	0,94	0,018
RTM, (% MS total)	100,0 ^a	71,3 ^b	52,9 ^c	1,11	<0,001
Forraje fresco (% MS total)	0,0 ^a	28,7 ^b	47,1 ^c	1,11	<0,001

¹Tratamientos: RTM100= 100% RTM; RTM75= 75%RTM + 25% FF (forraje fresco); RTM50= 50% RTM + 50% FF. ²P = Efecto de tratamiento. EEM: error estándar de las medias. ^{a,b,c}Letras diferentes en un mismo renglón indican diferencias significativas, $P < 0,05$.

A pesar que la proporción de los alimentos ofrecidos en las dietas de los animales se realizó a razón de los porcentajes estipulados para cada tratamiento, la relación final de RTM y FF fue de 53:47% para RTM50 y de 71:29% para RTM75. La producción de leche (kg/día) fue 8,5% menor en RTM50 con respecto a los tratamientos RTM75 y RTM100 ($P < 0,05$) y la producción de leche corregida por grasa en RTM50 fue donde se observó menor producción.

Respecto a la composición de la leche, tanto en la producción de grasa como en la de proteína no se observaron diferencias significativas entre RTM50, RTM75 y RTM100, cuando fue medida como porcentaje. Sin embargo, para el porcentaje de lactosa, determinado a través de absorción de radiación infrarroja cercana, se observa que existe tendencia que RTM75 sea mayor que RTM50 ($P=0,070$), no observándose diferencias entre RTM50 y RTM100, así como tampoco entre RTM75 y RTM100.

La producción de grasa, proteína y lactosa (kg/día) fue menor en RTM50 respecto a RTM75 y RTM100, mientras que no se observaron diferencias entre RTM75 y RTM100 (Cuadro IV).

En el caso del MUN, para el tratamiento RTM50 se observó menor nivel comparado con RTM100 y RTM75, siendo en RTM100 y en RTM75 4,2 y 2,3 mg/dl superior que en RTM50 respectivamente (Cuadro IV).

La caseína total, porcentualmente no difirió entre los tres tratamientos. Si lo expresamos en kg/d la menor producción corresponde a RTM50 respecto de RTM75 y RTM100, no habiendo diferencias entre estos últimos.

Cuadro IV. Producción y composición de leche en vacas lecheras de alta producción alimentadas con diferentes proporciones de RTM y forraje fresco.

	Tratamientos ¹			EEM	P ²
	TMR100	TMR75	TMR50		T
Leche, kg/d	31,0 ^a	30,0 ^a	27,9 ^b	1,02	<0,001
LCG 3,5%², kg/d	33,9 ^a	33,0 ^a	30,3 ^b	1,43	<0,001
Grasa					
%	4,11	4,14	4,06	0,14	0,746
kg/d	1,26 ^a	1,24 ^a	1,13 ^b	0,06	<0,001
Proteína					
%	3,37	3,40	3,39	0,08	0,620
kg/d	1,04 ^a	1,02 ^a	0,94 ^b	0,04	<0,001
Lactosa					
%	4,75 ^{xy}	4,78 ^y	4,74 ^x	0,02	0,070
kg/d	1,46 ^a	1,43 ^a	1,32 ^b	0,05	<0,001
MUN, mg/dl	24,7 ^a	22,8 ^a	20,5 ^b	1,83	<0,001
Caseína Total					
%	2,44	2,49	2,47	0,08	0,394
kg/d	0,76 ^a	0,73 ^a	0,68 ^b	0,04	<0,001
Caseína/Proteína	0,73	0,72	0,72	0,01	0,684

^{a,b} Letras diferentes en un mismo renglón indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$). ^{xy} Letras diferentes en un mismo renglón indican tendencias, $0,05 < P > 0,1$. ¹Tratamientos: RTM100= 100% RTM; RTM75= 75%RTM + 25% FF; RTM50= 50% RTM + 50% FF. ²P= Efecto de tratamiento. ²LCG 3,5%= $0,4324 \times \text{leche (kg)} + 16,218 \times \text{Grasa (kg)}$, de acuerdo con Tyrrell y Reid (1965). MUN = Nitrógeno ureico en leche. EEM: Error estándar de las medias.

9.

DISCUSION

En este experimento, el consumo total de MS fue menor cuando la proporción de forraje en la dieta fue mayor. Cuando el FF ocupa hasta un 29% de la dieta, el CMS total no se encuentra afectado, siendo coincidente con lo reportado por varios autores (Bargo y col., 2002a; Kolver y Muller, 1998; Mendoza y col., 2016; Morales-Almaráz y col., 2010; Soriano y col., 2001; Vibart y col., 2008). Esto podría deberse al contenido de FND de las dietas, ya que es una de los principales limitantes del consumo (Van Soest, 1994; Forbes, 1996). Otra causa posible de esta disminución en el consumo puede deberse a la diferencia de % MS entre ambos alimentos (38,1% MS RTM vs. 17,5% MS FF). Según Dillon (2006), las diferencias de consumo entre estos sistemas de alimentación pueden ser debidas a restricciones de tipo físicas (digestión y pasaje de material por el tracto digestivo), y por limitación de tiempo (para actividades de búsqueda, cosecha y rumia del forraje ingerido).

Los dos tratamientos con mayor porcentaje de RTM en la dieta, obtuvieron mayor consumo de nutrientes y aporte energético. Los niveles de producción, coinciden con lo descrito por (Kolver y Muller, 1998; NRC, 2001; Soriano y col., 2001; Vibart y col., 2008; Mendoza y col., 2016), quienes reportaron que el potencial productivo a base de pasturas puede estar limitado por el bajo CMS y EM.

Respecto a los sólidos (grasa, proteína y caseína total) no hubo diferencias porcentuales entre ninguno de los tres tratamientos, por lo tanto la mayor producción de sólidos totales (kg/día) en RTM100 y RTM75 fue debido al mayor volumen de leche producido respecto a RTM50. Esto resulta positivo en el sentido que se logra aumentar la producción de leche sin desmedro de los porcentajes de sólidos.

El ácido acético producido a nivel ruminal es el precursor más importante de la síntesis de la grasa láctea, en situaciones en las que el pH ruminal desciende por debajo de los niveles óptimos, se generan una mayor proporción de ácidos grasos trans a nivel ruminal, que producen una inhibición de la síntesis de grasa en la glándula mamaria (Bauman y col., 2008). Sin embargo, en otro trabajo en este mismo experimento, no se observaron diferencias en el pH ruminal ($6,06 \pm 0,04$) ni en la concentración de ácido acético (preguntar nivel) a nivel ruminal entre tratamientos (Pomiés, 2014).

En RTM100 y RTM75 la producción de proteínas en leche (kg/día) fue un 8,7% superior respecto a RTM50, esto puede estar determinado por la mayor producción de leche asociada al mayor CMS, coincidiendo con lo reportado por varios autores (Kolver y Muller, 1998; Schroeder y col., 2005; Mendoza y col., 2016). Sin embargo, tanto Kolver y Muller (1998) como Schroeder y col. (2005) observaron que la proteína en leche disminuye su porcentaje cuando en la dieta aumenta el porcentaje de pastura. Esto se puede atribuirse al menor consumo de EM, y menor cantidad de aminoácidos disponibles para la producción de proteína láctea.

La proporción de caseínas totales concuerdan con los resultados obtenidos para proteínas, siendo en promedio para los tres tratamientos un 72,3% (EEM = 0,01) del total de proteínas. Esto coincide con el trabajo de Mendoza y col. (2016) quienes no observaron diferencias en la relación caseína:proteína entre tratamientos. La mayor producción total de caseína y de proteínas concuerda tanto con la mayor producción de leche, como con el mayor CMS logrados en los respectivos tratamientos.

La mayor producción de leche en los tratamientos RTM100 y RTM75 se puede explicar también por la mayor producción de lactosa. Jensen (1995), resume que la lactosa tiene acción osmo-reguladora por lo tanto juega un rol importante en el volumen de leche producido. Por otra parte, Sutton (1989) establece que la misma es el componente más estable a los cambios de dieta, por esto es muy difícil encontrar diferencias porcentuales entre los tres tratamientos. Asimismo nuestros resultados son coincidentes con lo reportado por Mendoza y col. (2016), quienes observaron una tendencia a que el tratamiento RTM4 tuviera mayor producción de lactosa que el tratamiento RTM8.

Los mayores niveles de MUN se observaron en RTM100 y RTM75, aunque en los tres tratamientos los valores de MUN estuvieron por encima de los valores recomendados por Moore y Varga (1996), (10 a 15mg/dl) para vacas lecheras. Esto podría estar explicado por el bajo contenido de PB ($15,1 \pm 2,7\%$) existente en la pastura utilizada, y a una mayor proporción de proteína degradable a nivel ruminal en las RTM, debido a una mayor degradabilidad a ese nivel de la harina de soja constituyente de la RTM. Asimismo este resultado es coincidente con lo reportado por Vibart y col. (2008) quienes reportan que cuando la pastura se encuentra en un estado de madurez avanzado, a mayor porcentaje de pastura en la dieta, menor fue el consumo de nitrógeno y menores fueron los valores de MUN.

10.

CONCLUSIONES

Cuando la inclusión de pasturas templadas de alta calidad (raigrás) es de hasta un 29% en la dieta de vacas lecheras alimentadas con una dieta en base a ración totalmente mezclada es posible mantener los niveles de consumo de materia seca sin que se afecte la producción de leche y de sus componentes.

Hasta los niveles máximos de inclusión de raigrás evaluados en este trabajo (47% en base seca) no se detectaron diferencias en la composición de la leche.

1. Acosta, Y., Delucchi, M.I., Olivera, M., Dieste, C. (2005). Urea en leche: factores que la afectan. Jornada Técnica de Lechería. Florida. INIA. Serie Actividades de Difusión 455, p: 97- 106.
2. Alais C (1985). Ciencia de la leche: Principios de técnica lechera. 4a Ed. Barcelona, Reverte, 873 p.
3. Allen, MS. (1999). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83:1598-1624.
4. Antúnez M., Caramelli A. (2009). Variación en la composición química y producción de gas in vitro de pasturas de acuerdo al horario de corte. Tesis de Grado, Facultad de Veterinaria. UdelaR. 43p.
5. Astigarraga, L. (2003). El manejo de la alimentación como herramienta para modificar la composición química de la leche. En: Cabrera, M.C., Astigarraga, L., Saadoun, A. Calidad de alimentos y calidad de productos de origen animal. Montevideo. Universidad de la República, p. 135-150.
6. Bachman, K.C. (1992). Managing milk composition. En: Van Horn, Wilcox (Eds.) Large dairy herd management, Champaign Illinois, ADSA, pp 336-346.
7. Bargo F, Delahoy JE, Schroeder GF, Baumgardc LH, Muller LD. (2006). Supplementing total mixed rations with pasture increase the content of conjugatedlinoleic acid in milk. *Anim Feed Sci Technol* 131: 226-240.
8. Bargo F, Muller L.D, Kolver E.S, Delahoy JE. (2003). Invited Review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.* 86:1–42.
9. Bargo F, Muller LD, Delahoy J.E, Cassidy TW. (2002a). Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *J Dairy Sci* 85: 2948–2963.
10. Bargo F, Muller LD, Kolver E.S, Delahoy JE, Cassidy TW. (2002b). Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cow grazing. *J.Dairy Sci.* 85:1777-1792.
11. Bauman DE, Perfield JW, Harvatine KJ, Baumgard LH. (2008). Regulation of fat synthesis by conjugated linoleic acid: Lactation and the ruminant model. *J. Nutr.* 138:403–409
12. Bauman, D.E., Griinari, J.M. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu Rev Nutr*; 23: 203-227.

13. Cajarville, C., Mendoza, A., Santana, A., Repetto, J.L. (2012). En tiempos de intensificación productiva ¿cuánto avanzamos en el conocimiento de los nuevos sistemas de alimentación de la vaca lechera? *Veterinaria*; 48 (Suppl. 1): 35-39.
14. Capper J.L., Cady RA, Bauman DE. (2009). The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. *J Anim Sci* 87: 2160-2167.
15. Chilbroste, P. (1998). Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero; I. Predicción del consumo. 26º Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay, pp. 1-18.
16. Chilbroste, P., Soca, P., Mattiauda, D. (2012). Estrategias de alimentación en Sistemas de Producción de Leche de base pastoril. En: *Pasturas 2012: Hacia una ganadería competitiva y sustentable*. Balcarce: INTA. pp. 91-100.
17. Chilliard, Y., Ferlay A., Mansbridge RM, Doreau M. (2000). Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. *Ann. Zootech.*49:181–205.
18. Coelho da Silva J.F. (2011). Mecanismos reguladores de consumo. En: Berchielli TT, Vaz Pirez A, de Oliveira SG. *Nutrição de ruminantes*. 2ª ed. Jaboticabal: Funep. pp
19. Coppock CE, Bath DL, Harris B. (1981). From feeding to feeding systems. *J. Dairy Sci.* 64:1230-1249.
20. DIEA. (2013). Anuario estadístico agropecuario 2013. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Uruguay. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2013,O,es,0>, Fecha de consulta: 20/11/2014.
21. DIEA. (2014). Anuario estadístico agropecuario 2014. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Uruguay. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2014,O,es,0>, Fecha de consulta: 20/11/2014.
22. DIEA. (2016). Anuario estadístico agropecuario 2016. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Uruguay. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/unidadejecutora/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-diea/anuario2016> Fecha de consulta: 03/01/2017.
23. Dillon, P. (2006). Achieving high dry-matter intake from pasture with grazing dairy cows. En: Eds: Elgersma A, Tamminga S *Fresh herbage for dairy cattle*. Dordrecht Springer. pp: 1-26.

24. Durán H, La Manna A, Acosta Y, Mieres J. (2010). Propuestas validadas de INIA sobre alternativas para incrementar la producción de leche y/o sólidos por hectárea en forma rentable. *Agrociencia* 14: 96–99.
25. Fontaneli R, Sollenberger L, Littell R, Staples CR. (2005). Performance of lactating dairy cows managed on pasture-based or in freestall barn-feeding systems. *J. Dairy Sci.* 88:1264–1276.
26. Forbes, J. M. (1996) Integration of regulatory signal controlling forage intake in ruminants. *J. Anim. Sci.* 74:3029-3035.
27. Forbes, J.M. (2007). Integrative theories of food intake control. En: Forbes JM. (2007). *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. 2a Ed. Wallingford, CAB, pp: 188-203.
28. Ganzábal A., Ruggia A., De Miquelerena J. (2003). Producción de corderos en sistemas intensivos. *INIA Series de actividades de difusión N° 342*: 1-7
29. Gill M. (1979). The principles and practice of feeding ruminants on complete diets. *Grass For Sci.* 34: 155-161.
30. Hanson GD, Cunningham LC, Morehart MJ, Parsons RI. (1998). Profitability of moderate intensive grazing of dairy cows in the Northeast. *J. Dairy Sci.* 81:821-829.
31. INALE (2016). Foro INALE 2016. Como se comportan los Sistemas de Producción Uruguayos. Disponible en: http://www.inale.org/innovaportal/file/5811/1/sistemas_de_produccion_uruguayos.pdf. Fecha de consulta: 20/11/2016.
32. Ingvarstsen, K.L. (1994). Models of voluntary food intake. *Livestock Production Science.* 39: 19-38.
33. Jarrige, R. Grenet E., Demarquilly C., Besle, J.M. (1995). Les constituents de l'appareil végétatif des plantes fourragères. En: Jarrige R., Ruckebusch Y., Demarquilly C., Farce M. H., Journet M. *Nutrition des ruminants domestiques ingestion et digestion*. Paris, INRA. p. 25-81.
34. Jensen RG. (1995). *Handbook of milk composition*. California, Academic press, 905 p.
35. 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.
36. Kolver, E.S. (2003). Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proc Nut Soc* 62: 291–300.

37. Lammers, B.P., Heinrichs, A., Ishler, V.A. (2002). Uso de ración total mezclada (TMR) para vacas lecheras. Departamento de Ciencias Animales, Universidad Estatal de Pennsylvania. Disponible en: <http://www.das.psu.edu/teamdairy>. Fecha de consulta: 20/10/16.
38. Leaver, J.D. (1985). Milk production from grazed temperate grassland. *J. Dairy Res.* 52:313-344.
39. Linn, J.G. (1988). Factors affecting the composition of milk from dairy cows. En: *Designing foods*. Washington National Academic Press, pp 224-241.
40. Mendoza A, Cajarville C, Santana A, Repetto JL. (2011). ¿Hacia una nueva forma de pensar la alimentación de las vacas lecheras? La inserción del confinamiento en los sistemas pastoriles de producción de leche. Jornadas de Buiatria Paysandú, Uruguay, p 2-4. Disponible en: <http://centromedicoveterinariopaysandu.com/wp-content/uploads/2014/08/Lecher%C3%ADa-Mendoza-2011.pdf>. Fecha de consulta: 16/08/14.
41. Mendoza A., Cajarville C., Repetto JL. (2016). Short communication: Intake, milk production, and milk fatty acid profile of dairy cows fed diets combining fresh forage with a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 99:1-7
42. Mendoza, A. (2010). Manipulación de la composición de la leche a través de la alimentación. Simposio: Claves para el manejo nutricional de las vacas de alto potencial. 15 de abril. Colonia, Uruguay. pp: 29-58.
43. Mertens, D. R. 1994. Regulation of forage intake. En: *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*, G. C. Fahey, Jr, M. Collins, D. R. Mertens, y L. E. Moser, ed., American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, WI. Pages 450– 493.
44. Mertens, D.R (1996) Methods in modelling feeding behaviour and intake in herbivores. *Ann Zootech* 45, suppl: 153-164.
45. Moore, D.A. Varga, G. (1996). BUN and MUN: urea nitrogen testing in dairy cattle (Pennsylvania State University.) *Comp. Cont. Edu. Pract. Vet.* 18:712–721.
46. Morales-Almaraz E, Soldado A, Gonzalez 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 Res.* 77:225–230.
47. National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7a ed. Washington National Academy Press, 381 p.

48. Pérez-Prieto LA, Delagarde R. (2013). Meta-analysis of the effect of pasture allowance on pasture intake, milk production, and grazing behavior of dairy cows grazing temperate grasslands. *J. Dairy Sci.* 96:6671-6689.
49. Peyraud, J. L., Delaby, L. (2001). Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation interaction with grazing management and grass quality. Page 203 in *Recent Advances in Animal Nutrition*. Garnsworthy, P. C., y J. Wiseman, eds. Nottingham University Press. application to human foods. En: *The analysis of dietary fiber in food*. Ed. WPT James, O. Theander, M. Dekker. N.Y.
50. Pomiés N. (2014). Combinación de diferentes niveles de forraje fresco y ración totalmente mezclada en dietas de vacas lecheras: efecto sobre el aprovechamiento digestivo. Tesis de Maestría en Producción Animal. Universidad de la República – Facultad de Veterinaria. UdelaR. 54 p
51. Rearte, D. (1992). Alimentación y composición de leche en los sistemas pastoriles. INTA E.E.A Balcarce. Cerbas. 94p.
52. Repetto J.L., Britos A., Cozzolino D., Errandonea N., Cajarville C., (2003). Nutritive value of Lucern and Fescue during autumn I: relationship between water soluble carbohydrates and nitrogen contents throughout the day. *Proceedings of the IX World Conference on Animal Production, Porto Alegre, Brasil*, p: 26.
53. Saran A. (2000). Mastitis y Calidad de Leche. Buenos Aires. *inter medica*. 194 p.
54. SAS. 2002. Statistical Analysis Systems Institute. SAS Version 9. SAS.
55. Schroeder GF, Couderc JJ, Bargo F, Rearte DH. (2005). Milk production and fatty acid profile of milk fat by dairy cows fed a winter oats (*Avena sativa* L.) pasture only or a total mixed ration. *New Zeal J Agric Res* 48:187–195.
56. Schroeder GF, Delahoy JE, Vidaurreta I, Bargo F, Gagliostro GA, Muller LD. (2003). Milk Fatty Acid Composition of Cows Fed a Total Mixed Ration or Pasture Plus Concentrates Replacing Corn with Fat. *J. Dairy Sci.* 86:3237-3248.
57. Soriano FD, Polan CE, Miller CN. (2001). Supplementing pasture to lactating Holsteins fed a total mixed ration diet. *J. Dairy Sci.* 84:2460–2468.
58. Starr, C., Taggart, R., Ortega, M. T. A., (2004). Plantas C3 y plantas C4. En: *Cengage Learning. Biología: la unidad y la diversidad de la vida*. 10 ed.
59. Stockdale CR. (2000). Levels of pasture substitution when concentrates are fed to grazing dairy cows in northern Victoria. *Aust. J. Exp. Agric.* 40:913–921.
60. Sutton, JD (1989). Altering Milk Composition by Feeding. *Journal of Dairy Science* 72 (10): 2801–2814.

61. Tebot I., Cajaraville C., Repetto J.L., Cirio A., (2012). Supplementation with non-fibrous carbohydrates reduced fiber digestibility and did not improve microbial protein synthesis in sheep fed fresh forage of two nutritive values. *Animal* 6 (4): 617-623.
62. Tucker WB, Rude BJ, Wittayakun S. (2001). Case study: Performance and economics of dairy cows fed a corn silage-based total mixed ration or grazing annual ryegrass during mid to late lactation. *Prof. Anim. Sci.* 17:195-201.
63. Tyrrell HF, Reid JT. (1965). Prediction of the energy value of cow's milk. *J. Dairy Sci.* 48:1215–1223.
64. Van Soest PJ. (1994) *Nutritional Ecology of the ruminant*. 2a Ed. Ithaca. Cornell University Press, 476 p.
65. Van Vuuren, A.M., Van Den Pol-Van Dasselaar. (2006). Grazing systems and feed supplementation. En: Elgersma A, Dijkstra J, Tamminga S (eds.), *Fresh Herbage for Dairy Cattle*, Springer, 85-101.
66. Vibart RE, Fellner V, Burns JC, Huntington JB, Green JT. (2008). Performance of lactating dairy cows fed varying levels of total mixed ration and pasture. *J. Dairy Res.* 75: 471–480.