

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN SOBRE EL CONSUMO Y RESULTADOS
PRODUCTIVOS EN EL PRIMER TERCIO DE LA LACTANCIA

por

Pablo Samuel GAUTHIER ITURRIA
Sergio Marcel PASCAL SAN MARTÍN

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2018

Tesis aprobada por:

Director:-----

Ing. Agr. (MSc.) Mateo Ceriani

Ing. Agr. (Dr.) Diego Mattiauda

Ing. Agr. (MSc.) Maria de los Angeles Bruni

Dr. (MSc.) Alberto Casal

Fecha: 20 de diciembre de 2018

Autores:-----

Pablo Samuel Gauthier Iturria

Sergio Marcel Pascal San Martín

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos agradecer a nuestras familias y amigos por el apoyo brindado en forma incondicional durante todos estos años, sin el cual no hubiese sido posible lograr este objetivo.

A Eliana y Andrea que le dedicaron horas de apoyo incondicional desde el comienzo de nuestra carrera.

Debemos agradecer a nuestros tutores Mateo Ceriani y Diego Mattiauda por brindarnos esta oportunidad y por su tiempo y dedicación.

A los funcionarios docentes Matías Oborsky, Alejandra Jasinsky y no docentes de la EEMAC. En especial al personal del tambo.

¡Gracias...totales!

TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	Página II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
 1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
1.1. OBJETIVO.....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. CONSUMO.....	2
2.1.1. <u>Regulación del consumo: física y fisiológica</u>	2
2.1.2. <u>Factores que afectan el consumo</u>	3
2.1.2.1. Factores asociados al animal.....	3
2.1.2.2. Factores asociados al alimento.....	4
2.1.2.3. Características no nutricionales de la pastura.....	7
2.1.2.4. Factores asociados al manejo.....	9
2.2. PRODUCCIÓN.....	11
2.2.1. <u>Producción de leche en pastoreo con suplementación</u>	13
2.2.1. <u>Producción de leche en confinamiento</u>	15
2.3. PASTORIL VERSUS DTM.....	15
2.4. HIPÓTESIS.....	17
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	18
3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS.....	18
3.2. ANIMALES Y MANEJO.....	18
3.3. DETERMINACIONES.....	20
3.3.1. En los animales.....	20
3.3.2. En los alimentos.....	21
3.3.3. Análisis de laboratorio.....	22
3.3.4. Clima.....	22
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	22
3.5. CÁLCULOS.....	23
4. <u>RESULTADOS</u>	24
4.1. CLIMA.....	24
4.2. COMPOSICIÓN DE LA DIETA.....	24
4.2.1. <u>Tratamiento 1: dieta totalmente mezclada</u>	24
4.2.2. <u>Tratamiento 2: pastura más suplemento</u>	25
4.3. CONSUMO.....	26
4.3.1. <u>Consumo total de materia seca entre tratamientos y entre períodos de estimación</u>	26
4.3.2. <u>Requerimientos de energía metabolizable de los tratamientos</u>	27

4.4. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE.....	28
4.4.1. <u>Producción de leche</u>	28
4.4.2. <u>Porcentaje y producción de grasa en leche</u>	29
4.4.3. <u>Porcentaje y producción de proteína en leche</u>	31
4.4.4. <u>Porcentaje y producción de lactosa en leche</u>	33
4.5. CONDICIÓN CORPORAL Y PESO VIVO.....	34
5. <u>DISCUSIÓN</u>	37
5.1. CLIMA.....	37
5.2. COMPOSICIÓN DE LA DIETA.....	37
5.3. CONSUMO, PRODUCCIÓN, COMPOSICIÓN Y ENERGÍA.....	38
5.4. CONDICIÓN CORPORAL Y PESO VIVO.....	44
6. <u>CONCLUSIONES</u>	46
7. <u>RESUMEN</u>	47
8. <u>SUMMARY</u>	48
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	49

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Aumento relativo en el CMS y producción de leche en función a la variación del porcentaje de PC de la ración con harina de soja.....	7
2. Impacto sobre el consumo, producción y composición de leche utilizando diferentes estrategias de alimentación que incluyen DTM (dieta totalmente mezclada), pasturas y concentrados.....	16
3. Ingredientes y composición química de la dieta ofrecida para ambos tratamientos (base fresca)	20
4. Precipitación acumulada (mm), índice de temperatura y humedad, temperatura (°C) y HR (%) promedios y sus desvíos para el periodo experimental.....	24
5. Composición química promedio de la DTM suministrada y del rechazo observado.....	25
6. Composición química promedio y su variación durante el periodo experimental de los alimentos festuca y concentrado comercial.....	26
7. Consumo de materia seca y energía metabolizable de los tratamientos T1 y T2 en las semanas de determinación 6 y 11	26
8. Demanda de EM estimada promedio y su principal destino vs. EM ofrecida a las vacas T1 y T2 en la semana 6 y 11 posparto.....	27
 Figura No.	
1. Evolución de la producción de leche para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales.....	28
2. Evolución de los porcentajes de grasa para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales.....	29
3. Evolución de los kilogramos de grasa para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales.....	30
4. Evolución de los porcentajes de proteína para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales.....	31
5. Evolución de los kilogramos de proteína para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales.....	32
6. Evolución de los porcentajes de lactosa para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales.....	33
7. Evolución de los kilogramos de lactosa para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales.....	34
8. Evolución de la CC desde el parto hasta la semana 13 de lactación para ambos tratamientos.....	35
9. Evolución del PV desde el parto hasta la semana 13 de lactación para ambos tratamientos.....	36

1. INTRODUCCIÓN

La producción de leche y sobre todo sus componentes sólidos son las variables más importantes en los sistemas lecheros ya que definen el resultado económico-productivo de los mismos. Estas variables de respuesta, que son el producto animal dependen en gran parte de uno de los componentes más importantes del valor nutritivo, el consumo. Este puede ser influenciado mediante el manejo de la alimentación por lo cual las decisiones que tome el productor al respecto serán determinantes en el resultado productivo final. Es por esto, que resulta imperioso estudiar la forma en que interactúan la producción y composición de leche en función del consumo de materia seca (CMS), cuando se utilizan estrategias de alimentación diferentes.

A nivel internacional se encuentra una gran variabilidad en los sistemas lecheros, pero en su gran mayoría son estabulados, sobre todo en los países desarrollados, en los cuales los animales son alimentados con dietas totalmente mezcladas (DTM), por ende, la información sobre dicho sistema es basta, a diferencia de la información referida a sistemas mixtos (sistemas que combinan DTM con pastoreo directo de forraje) que es más escasa.

La principal problemática que presentan los sistemas de producción de leche pastoriles en Uruguay es la de asegurar una oferta constante de alimento en cantidad y calidad a lo largo del año (Chilibroste et al., 2002). Por lo tanto, las mismas requieren del suministro diario de concentrado energético para aumentar el CMS y ofrecer una dieta más equilibrada que sea capaz de cubrir la demanda nutricional debido a la producción de leche (Kolver y Muller, 1998).

La producción de pasturas (praderas perennes y verdeos), de buena calidad (templadas en su mayoría), constituyen una excelente fuente de nutrientes. Esto asociado a una buena utilización y eficiencia de transformación de la materia seca (MS) consumida en leche tiene un impacto directo sobre los costos de producción (Chilibroste, 2015).

1.1. OBJETIVO

Evaluar el efecto de dos estrategias de alimentación (dieta totalmente mezclada vs. pastoreo más suplementación) en términos de CMS, cantidad y composición de producto obtenido en vacas Holando multíparas de parición primaveral en el primer tercio de lactancia.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONSUMO

La predicción del consumo voluntario de alimentos por parte del ganado ha sido tema de investigación a lo largo de décadas, ya que, a través de él, los animales ingieren los nutrientes que necesitan para vivir, producir y reproducirse.

Uno de los aspectos más importante que se debe considerar en la alimentación de las vacas lecheras es que ellas realicen un alto consumo de alimento, de manera de maximizar la producción. El consumo de alimento es el principal factor en determinar la productividad (Galli et al., 1996), la cual depende en más de un 70% de la cantidad de alimento que pueda consumir y en menor proporción de la eficiencia con que digiera y metabolice los nutrientes consumidos (Waldo, citado por Chilibróste, 1998).

2.1.1. Regulación del consumo: física y fisiológica

El consumo de alimentos se ve limitado por factores físicos (Allison 1985, Allen 1996) y por factores fisiológicos o metabólicos (Journet y Rémond, 1976). Alimentos voluminosos y fibrosos que muchas veces son parte de las dietas de los rumiantes y su contenido relativamente bajo de energía digestible, hacen hincapié en la importancia del efecto físico de la distensión intestinal en la limitación del consumo potencial (Allison, 1985).

Como resultado de diversas pruebas de apoyo, la teoría de que la distensión física en el tracto gastrointestinal limita el consumo potencial de MS ha sido ampliamente aceptada (Allen, 1996). La teoría establece que el animal puede consumir hasta que el “nivel de llenado del rume” produce una distensión de las paredes ruminales suficiente para activar los receptores mecánicos, quienes enviarían información al sistema nervioso central, que una vez procesada, señalaría el cese del consumo (Chilibróste, 1998).

En el marco conceptual de la teoría del control metabólico o fisiológico se asume que un animal tiene una capacidad productiva máxima y una tasa máxima a la cual pueden ser utilizados los nutrientes para satisfacer los requerimientos (Illius y Jessop, 1996). Cuando la absorción de nutrientes, principalmente proteína y energía, excede los requerimientos o cuando el balance de nutrientes absorbidos es incorrecto, señales metabólicas negativas afectan el consumo (NRC, 2001).

Los mecanismos físicos y fisiológicos interactúan para determinar el consumo voluntario del animal. Mbanya et al., citados por Chilibróste (1998) observaron depresión en el consumo de MS cuando combinaron llenado artificial de rumen e

infusión de ácidos grasos volátiles (AGV) en niveles en los que no había producido ningún efecto depresor sobre el consumo cuando fueron suministrados individualmente. Estos experimentos sustentan la hipótesis de aditividad de señales físicas y metabólicas involucradas en el control del consumo.

Por otra parte, Ketelaars y Tolkamp, citados por Allen (1996) propusieron una teoría de regulación del consumo, con la hipótesis de que el consumo de alimento es ajustado por el animal para maximizar la eficiencia de la utilización del oxígeno. Sugiriendo que la maximización de la eficiencia de utilización de oxígeno beneficia al animal durante toda la vida minimizando el daño a los tejidos causado por el exceso de consumo de oxígeno.

2.1.2. Factores que afectan el consumo

El CMS es fundamental ya que establece la cantidad de nutrientes que tendrá el animal para permanecer saludable y producir (NRC, 2001). Múltiples factores no excluyentes pueden ser los responsables de un nivel subóptimo de CMS en rumiantes, más que factores individuales mutuamente excluyentes (Forbes, 1995). Se han identificado una larga lista de factores que afectan el consumo potencial de MS, asociados al animal, al alimento y al manejo.

2.1.2.1. Factores asociados al animal

En términos muy simples, se podría indicar que el animal está capacitado para realizar un cierto consumo potencial el cual está afectado por una serie de factores. El estado fisiológico, etapa de lactación, peso corporal, demanda nutritiva y capacidad productiva son los factores más importantes de origen animal (Gibb et al., 1999).

La gestación posee efectos diferentes, según la etapa en que se encuentre el animal. A inicios de ésta existe un aumento del apetito, fácilmente apreciable en vacas primíparas, posiblemente explicado por un aumento de los requerimientos debidos al desarrollo del feto y a balances hormonales (Bines, 1976). Este aumento del apetito y consecuentemente del consumo comienza a disminuir conforme se aproxima el parto. Grant et al. (1995), encontraron que los días 5 a 7 preparto, se caracterizan por una disminución del 30% en el consumo de MS.

Inmediatamente después del parto, el rendimiento de leche se incrementa rápidamente hasta alcanzar un máximo entre la cuarta y octava semana posparto, lo que implica un aumento en la demanda de nutrientes, incrementándose el consumo rápidamente en los días 0 a 21 posparto, aproximadamente de 1,5 a 2,5 kg/semana durante la tercera semana de lactación (Grant et al., 1995), para satisfacer sus

requerimientos. Si bien el consumo aumenta durante el posparto, la tasa a la cual se incrementa y hasta qué nivel, varía considerablemente entre animales.

La capacidad de satisfacer los requerimientos de nutrientes en el posparto temprano está afectada por la concentración de nutrientes en el alimento y la capacidad de consumo de los animales, la cual es menor en ese momento. Esto puede ser parcialmente un resultado del volumen disminuido del retículo-rumen antes del parto (Allen, 1996). A su vez, el efecto de la lactancia sobre el consumo de alimentos dependerá en gran medida de la composición de la dieta, pero en general el consumo máximo de alimentos durante la lactancia es un 30-40% mayor que en el animal no lactante (Bines, 1976).

Otros factores de relevancia en el animal que afectan el consumo son la condición corporal (CC), peso vivo (PV), edad y el potencial genético. Al aumentar el tamaño del animal, también lo hace la cavidad abdominal permitiendo así un mayor consumo de una dieta dada (Bines, 1976). Butler et al. (2003), reportaron incrementos de 0,9 a 1,3 kg MS consumidos cada 100 kg de aumento de PV. El consumo voluntario de una vaca gorda es muy inferior al de una vaca flaca, posiblemente debido a una restricción del volumen de la cavidad abdominal, dada por acumulación de tejido adiposo y al mayor nivel de ácidos grasos existentes en sangre de vacas gordas, que disminuye la tasa de absorción de AGV desde el rumen y por consiguiente, una menor tasa de digestión (por acumulación de sustrato), lo que limita el consumo (Bines, 1976). A su vez, trabajos nacionales reportan que la CC al parto y su evolución en el posparto temprano tienen incidencia en el desempeño de los animales (Meikle et al. 2004, Adrien et al. 2012).

Las vacas multíparas presentan mayor consumo potencial de MS que las primíparas (Bines, 1976). La capacidad de consumo de vacas primíparas con dos años de edad y aproximadamente 500kg al parto es alrededor de un 80% de la capacidad de consumo que presentan vacas multíparas y solamente dos tercios de esta diferencia se puede explicar por diferencias de PV y producción de leche (Ingvarsen, 1994). A su vez, el componente genético asociado a los demás factores mencionados y al manejo de la alimentación, tiene un peso importante sobre el consumo. En promedio vacas de alto potencial a lo largo de las tres primeras lactancias consumen 1,2 kg de MS/vaca/día más, que aquellas de potencial medio (Buckley et al., 1999).

2.1.2.2. Factores asociados al alimento

En Uruguay los sistemas de producción lecheros son en su gran mayoría de base pastoril, siendo la pastura el principal alimento. Además, es posible acceder a nivel comercial a una amplia gama de alimentos que pueden ser utilizados como ingredientes en dietas de vacas lecheras como concentrados energéticos, proteicos o combinados, subproductos industriales, reservas forrajeras entre otros. Estos alimentos poseen

características nutricionales (porcentaje de MS, digestibilidad, fibra detergente neutro y proteína cruda) y no nutricionales que afectan el consumo por parte del animal.

El estado fenológico de la pastura y su pasaje de vegetativo a reproductivo afecta el CMS por parte del animal. Conforme avanza el ciclo de los forrajes, estos sufren cambios morfológicos y fisiológicos y el consumo se ve afectado ya que la madurez generalmente aumenta la fracción indigestible y disminuye la velocidad de digestión del forraje. Esto resulta en forraje de menor calidad, más fibroso, y genera mayor pérdida de tiempo en la re-masticación (Cangiano, 1996).

En estadios vegetativos muy tempranos de las pasturas, los contenidos de MS son muy bajos y esto puede afectar el consumo. En un estudio realizado con vacas estabuladas, se encontró una relación entre el contenido de MS de la pastura y CMS. Se estableció que pastoreando pasturas con bajo contenido de MS, los animales reducen el consumo de forraje a una tasa de 1 kg MS por cada 4 % de disminución en el contenido de MS por debajo del 18 % (Vérité y Journet, 1970).

El contenido de MS de la pastura varía conforme avanza su madurez, pero también presenta variaciones diarias. Debido al proceso de fotosíntesis, la concentración de azúcar total en planta aumenta durante el día y disminuye durante la noche (Van Vuuren et al., 1986). Holt y Hilst (1969), estudiaron la variación diaria en el contenido de carbohidratos de distintas especies forrajeras y observaron que las pasturas experimentaron incrementos lineales en los porcentajes de carbohidratos solubles en agua a partir de las 6:00 am hasta las 6:00 pm existiendo variaciones entre las especies estudiadas.

La relación entre la digestibilidad de los forrajes y el consumo potencial de MS está bien establecida (Blaxter et al., Blaxter y Wilson, Van Soest, citados por Allen, 1996). Se presume que el CMS proveniente de alimentos de baja digestibilidad está limitado por la distensión física en el tracto gastrointestinal, lo que presumiblemente disminuye a medida que aumenta la digestibilidad. Esta relación es positiva en el rango de digestibilidades en que la regulación del consumo es por “llenado” y cero en el rango en que el control depende de los requerimientos energéticos del animal (Chilibroste, 1998). Hutton, citado por Allison (1985), observó una disminución en el consumo voluntario de vacas lecheras que consumían un forraje con valores por encima del 70% de digestibilidad. Por lo tanto, el nivel de digestibilidad por encima del cual el consumo de energía permanece estático no está definido y varía entre el 56% y el 67% (Montgomery y Baumgardt, citados por Allison, 1985).

La FDN se ha usado como única característica del alimento para predecir el efecto del llenado de los forrajes (Mertens, citado por Allen, 1996). Van Soest, citado por Allen (1996), observó que el CMS disminuye con una pendiente cada vez más negativa a medida que aumenta el contenido de FDN en el forraje, el cual varía según la

especie. El contenido en fibra de las gramíneas, por lo general es mayor al de las leguminosas (variable según especies, ciclo y el órgano de la planta en cuestión), por ende, aún con altos valores de digestibilidad, éstas pueden limitar el consumo, debido a la relación lineal que existe entre el consumo de forraje y el contenido de FDN del mismo (Van Soest, citado por Gutiérrez et al., 2014). Por lo contrario, las leguminosas tienden a aumentar el tiempo de consumo ya que el peso de bocado en general es menor en éstas que en las gramíneas (Chilibroste et al., 2005). A su vez existe evidencia de que el uso de FDN solo no es apropiado como predictor del llenado, y un consecuente cese del consumo ya que su capacidad de llenado también varía con el tamaño de la partícula, su fragilidad, su tasa y tiempo de digestión.

El tamaño de partícula afecta la acción de los microorganismos del rumen y la tasa de pasaje del mismo, haciendo variar la degradabilidad del alimento y el consumo en función al tiempo de retención del alimento en el rumen. Una disminución del tamaño de partícula de los forrajes por molienda y granulación aumenta generalmente CVMS como resultado de una reducción del volumen inicial y del tiempo de retención en el retículo-rumen (Minson, Moore, citados por Allen, 1996). La relación inversa entre el tiempo de retención en el retículo-rumen y el CVMS se ha observado en muchos experimentos (Campling et al., Freery Campling, Thornton y Minson, Laredo y Minson, citados por Allen, 1996).

Por otra parte, el consumo de MS está asociado positivamente al contenido de proteína cruda (PC) de la dieta en vacas lecheras. En la mayoría de los casos donde se ha aumentado la concentración de PC en la dieta de las vacas y el acceso a todo o parte del alimento ha sido *ad libitum*, el consumo de alimentos ha aumentado (Oldham, 1984). El mecanismo involucrado probablemente sea un menor efecto de la distensión ya que un mayor contenido de PC incrementa la digestibilidad de la fibra y de la MS (Allen, 2000). Esta respuesta puede variar según cuál sea la fuente de nitrógeno (N). Oldham (1984), observó que a incrementos iguales de N en la dieta como urea o proteína natural (generalmente soja), la proteína natural estimuló más al consumo que la urea.

Van Horn et al. (1979), utilizando raciones con diferentes contenidos de proteína en la dieta, constataron un aumento en el CMS de 1,7 kg/día y una mejora de 1,6 kg/día en la producción de leche con raciones que contenían 16,5% PC respecto a raciones que contenían 13,7% PC. En el mismo trabajo evaluó una cantidad importante de dietas (1998), estableciendo una respuesta diferencial en términos de CMS y producción a la variación del %PC en la dieta (cuadro 1).

Cuadro 1. Aumento relativo en el CMS y producción de leche en función a la variación del porcentaje de PC de la ración con harina de soja

Cambio en el %PC de la MS	% de incremento		incremento en kg/d	
	CMS	kg leche	CMS	kg leche
9 a 10	3,9	7,9	0,63	1,46
10 a 11	2,9	5,6	0,49	1,12
11 a 12	2,1	4	0,36	0,83
12 a 13	1,6	2,7	0,26	0,6
13 a 14	0,8	1,8	0,16	0,4
14 a 15	0,6	1,2	0,1	0,28
15 a 16	0,3	0,9	0,05	0,2
16 a 17	0,1	0,7	0,02	0,17

Fuente: adaptado de Van Horn et al. (1979)

Los valores base utilizados fueron 18,4 kg de leche por día y 16,2 kg de consumo de alimento por día. Aumentos en el porcentaje de PC se tradujeron en aumentos en el CMS y en la producción de leche, con una tendencia a presentar aumentos decrecientes.

Promkot y Wanapat (2004), trabajaron con 32 vacas lecheras multíparas cruzas Holstein - Friesian en lactancia media, para determinar el efecto de cuatro niveles de PC (10, 12, 13, 14%) y harina de semilla de algodón (0, 12, 15, 18%) de la dieta, sobre la producción y composición de leche durante 60 días. Los resultados arrojaron que los consumos de MS tendieron a aumentar linealmente al aumentar los niveles de PC en la dieta a razón de 0,38 kg MS/día por porcentaje de aumento de la unidad en la PC de la dieta. Los consumos y la digestibilidad de la proteína cruda aumentaron linealmente al aumentar el nivel de PC en la dieta ($P < 0,01$).

2.1.2.3. Características no nutricionales de la pastura

Las características no nutricionales de la pastura ejercen efectos sobre el comportamiento animal en pastoreo. Los parámetros más utilizados para describir el estado de la pastura y su influencia en el CMS son la disponibilidad de MS, densidad y altura.

Según Greenhalgh (1966), existe una relación positiva y curvilínea entre la disponibilidad de forraje y el consumo del animal en pastoreo. Allen y Whittaker, citados por Allison (1985), observaron una estrecha relación entre la tasa de consumo y

la disponibilidad de forraje. Con una disponibilidad de forraje superior a 3.000 kgMS/ha, tanto el tiempo de pastoreo como la tasa de consumo fueron relativamente constantes. Cuando la disponibilidad de forraje disminuyó de 3.000 a 500 kgMS/ha, hubo una reducción de cuatro veces en la tasa de consumo y un aumento de dos veces en el tiempo de pastoreo.

En términos generales pasturas más densas permiten mayores tasas de consumo como consecuencia de mayores pesos de bocados (Chilibroste, 1998). Fisher et al. (1996), realizaron un experimento para evaluar el efecto de la densidad de la pastura (raigrás perenne con una altura del forraje disponible de 10 cm) y su interacción con el tipo de suplemento 5 kg/día base almidón o fibra, sobre el CMS y la producción y composición de la leche de vacas Holstein - Friesian. Los resultados arrojaron que los animales que pastorearon con una alta densidad de macollos vivos tuvieron un mayor consumo de forraje 14,8-14,2 kg MS/día comparados con los animales que pastoreaban a una baja densidad 12,2-11 kg MS/día, siendo mayores los consumos cuando se les suplementaba con fibra.

La altura es un parámetro muy utilizado en la investigación y a nivel de producción para la toma de decisiones en el manejo, como criterio de comienzo y finalización del pastoreo afectando al consumo. La altura de la pastura afecta el peso de bocado y al disminuir la altura los animales aumentan el tiempo de pastoreo y la tasa de bocado como formas de compensación. La capacidad de compensación es parcial, y la altura tiende a limitar el consumo si la misma disminuye considerablemente (Mattiauda et al., 2013).

Las variaciones en la composición química de una pastura asociada con la altura son más marcadas que las variaciones en la composición de la planta entera relacionadas con la estación o la edad del rebrote en la etapa vegetativa (Delagarde et al., 2000). Del mismo trabajo se deduce que sería posible predecir (simulando de la profundidad de defoliación) la variación de la composición química de la pastura seleccionada por los rumiantes durante el proceso de pastoreo.

Por otra parte, existen otros factores presentes en las pasturas que afectan el CMS y que actúan como barreras físicas, impidiendo o dificultando el proceso de pastoreo (presencia de malezas) o simplemente causando el rechazo por parte del animal. Chilibroste (1999), reporta que existiría un horizonte mínimo de 2,9 cm, por debajo del cual las vacas no pueden pastorear ya sea por barreras físicas o porque simplemente rechazan pastorear a alturas tan bajas por restricciones comportamentales. Por otra parte, la vaina de la hoja ha sido identificada como un límite físico por debajo del cual no les gusta pastorear a los animales (Hodgson, 1990). También la altura del pseudotallo puede ser una restricción para el consumo, limitando la profundidad del bocado, especialmente cuando son envejecidos.

2.1.2.4. Factores asociados al manejo

Entre los factores que afectan el consumo de los animales en pastoreo la asignación de forraje (AF) es uno de los principales. Hay una fuerte relación curvilínea entre la asignación de forraje y el consumo voluntario de MS (Greenhalgh et al., Combellas y Hodgson, Le Du et al., Peyraud et al., citados por Butler et al., 2003), donde sucesivos incrementos en la asignación por animal llevan progresivamente a menores respuestas en consumo.

Bargo et al. (2002b), observaron que el consumo de MS en vacas lecheras sin suplementación y sobre una pastura sembrada, aumentó de 17,5 a 20,5 kg/día al aumentar la asignación de forraje de 25 a 40 kgMS /vaca/día. A su vez Leaver, citado por Bargo (2003), propuso que el máximo consumo de MS se obtiene con una asignación de forraje que oscila entre 27 a 33 kgMS/vaca/día para un PV de 600 kg. Por otra parte, Gibb (2006), establece que para obtener el máximo consumo diario, se deben proporcionar asignaciones de forraje diarias equivalentes a 3 o 4 veces la capacidad de consumo máxima diaria del animal.

Resumiendo, altas asignaciones de forraje promueven alto peso de bocado y alta tasa de consumo, pero llevan a una caída en la utilización de la pastura y a aumentos en la proporción de pastura senescente (Chilibroste et al., 2015). A su vez la asignación de forraje puede perder relevancia cuando se dan otras limitantes como la disponibilidad, ya que se ha observado que valores menores a 2000 kgMS/ha afectan el consumo de MS independientemente de la asignación (Holmes, 1987).

Cuando la estructura de la pastura no actúa como limitante, la estrategia usada por vacas lecheras para cubrir un incremento en sus requerimientos nutricionales es aumentar el tiempo total de pastoreo (Chilibroste et al., 2015). Este parece ser el mayor mecanismo de compensación por el cual los animales pueden incrementar su consumo diario, cuando estos se encuentran con cierta restricción sobre el consumo por medidas de manejo de la pastura.

Pulido et al. (2010), en un estudio realizado con animales de parición otoñal, en dos asignaciones diferentes, alta (38,5 kgMS/día) y baja (25,5 kgMS/día), observaron un mayor tiempo de pastoreo para la baja asignación, registrándose además una mayor tasa de bocado (no. bocados/minutos) y un menor tiempo de rumia.

Más recientemente un estudio realizado por Mattiauda et al. (2013), el cual tuvo como objetivos evaluar los efectos de la restricción del tiempo de acceso al pastoreo y la hora a la cual se accedía a la pastura, sobre el comportamiento del pastoreo y el consumo diario de MS, entre otros. Se trabajó con vacas Holando de parición otoñal, las que fueron asignadas a 3 tratamientos variando el tiempo de acceso a la pastura y la hora de acceso (8 hs entre las 07 am - 15 pm; 4 hs entre las 07 am - 11 am; 4hs entre las 11 am -

15 pm), con una misma AF (18 kgMS/vaca) suplementadas con 6,1 kgMS grano de sorgo y 6,2 kgMS ensilaje de maíz por día. Se observó que el tiempo de acceso tuvo un efecto significativo en el CMS de forraje (8,3 vs. 6,6 kg/día, para el acceso de 8 y 4 hs, respectivamente). Por otra parte, no hubo un efecto significativo entre los tratamientos de 4hs sobre el consumo de MS, aunque sí hubo ligeras diferencias en composición de leche. De ese trabajo se puede concluir que, si la pastura no resulta limitante en cantidad y calidad, aumentando el tiempo de pastoreo, es posible lograr buenos CMS que permitan sostener altos niveles de producción. Por otra parte, según Soca (2000), la restricción en el tiempo de acceso a la pastura conduce aumentos en la proporción del tiempo dedicado a pastoreo, lo que se logra a través de una disminución en el tiempo dedicado a rumia y descanso. Esta medida puede resultar insuficiente para lograr niveles de consumos óptimos ya que el tiempo dedicado al pastoreo puede seguir estando por debajo del necesario para cosechar la cantidad de MS requerida por el animal.

La suplementación es una medida de manejo que de forma habitual se aplica en los sistemas de producción. El objetivo principal de la suplementación a vacas lecheras en pastoreo es aumentar el consumo total de MS y el consumo de energía en comparación con aquellos obtenidos con sólo pastura (Stockdale, Peyraud y Delaby, citados por Bargo, 2003). Sin embargo, suplementar puede tener un efecto en el CMS de la pastura, produciéndose una disminución en el consumo y en el porcentaje de utilización por efecto del suplemento (Bargo, 2003). La tasa de sustitución se define como la disminución en el consumo de pastura (expresada en kg) por los kg de suplemento consumido (Kellaway y Porta, citados por Álvarez, 2007). Bargo et al. (2002b), reportaron que el aumento en la suplementación disminuiría el consumo de MS de pastura, siendo la disminución de 2 kgMS/día en una asignación de 25 kgMS/día y de 4,4 kgMS/día en una situación asignación de 40 kgMS/vaca/día. Aunque la respuesta a la suplementación es muy variable y dependerá de cada situación en particular en función del animal (edad, estado fisiológico, CC, potencial de producción), de la pastura (cantidad y calidad), y del tipo y cantidad de suplemento a suministrar (Orcasberro, 1997).

2.2. PRODUCCIÓN

Con el fin de obtener más litros por vaca o de explotar el mérito genético de las mismas es que algunos productores optaron por concentrar la energía en la dieta y/o aumentar los kilogramos de alimentos ofrecidos para maximizar el consumo, reducir el gasto energético por parte del animal mediante la estabulación y el suministro de dietas totalmente mezcladas en detrimento de la cosecha de forraje a campo. Es por ello que a nivel mundial se encuentran dos sistemas de producción totalmente distintos, uno a base de pasturas y cosecha directa del forraje en el campo por parte del animal y otro a base de encierro y suministro de una DTM formulada para producir a su máximo potencial.

En el medio hay una gama de sistemas que mezclan y toman partes de ambos sistemas y que dependerá de muchos factores.

En producción de leche, algunos componentes de esta pueden ir variando en concentración dependiendo de diversos factores como los alimentos ingeridos por el animal, sanidad, CC, momento de lactancia, etc., así como otros pueden ser más constantes en la misma.

Desde el punto de vista práctico, la composición de la leche es económicamente importante para la industria láctea y para los productores lecheros ya que perciben ingresos por kilogramos de sólidos (grasa y proteína), además de una penalización por volumen de leche y es nutricionalmente importante para los consumidores. Existen una gran cantidad de factores que afectan y modifican la composición de la leche como factores genéticos, sanitarios, ambientales, de manejo y alimentación (Morales, 1999).

La grasa está formada tanto por ácidos grasos sintetizados por la glándula mamaria como otros que provienen directamente del flujo sanguíneo y que son de origen alimenticio o de grasa corporal del mismo animal (Ramos et al., 1998). Los factores que pueden ser modificados para incidir en el porcentaje de grasa en leche se pueden clasificar en nutricionales y no nutricionales, dentro de estos últimos se puede encontrar la genética o raza utilizada, número de lactancias y el estado de esta, temperatura o estrés calórico y los ordeños ya sea en la mañana o en la tarde.

Factores nutricionales, la grasa en la leche es el factor que se puede modificar más fácilmente a través de la dieta (Palmquist et al., 1993). Las proporciones de acetato, propionato y butirato a nivel ruminal determinarán el nivel de grasa en leche, por ende, mediante la dieta suministrada se puede favorecer la producción de acetato y butirato en detrimento de propionato y así incrementar la grasa en leche. A mayor acidez, hay una mayor proporción de propionato en detrimento del acetato y por ende menos grasa en leche (Bachman, 1992). De esta manera se podría decir que todo alimento que favorezca la rumia (efecto tampón) y logre incrementar o no disminuir demasiado el pH ruminal, estaría favoreciendo la concentración de acetato y butirato respecto al propionato, incrementando la concentración de grasa en leche.

La proteína en la leche por su parte puede ser afectada por cambios en la dieta, sin embargo, comparado con el impacto que puede tener la manipulación nutricional en el contenido graso, este es mucho más bajo (0,6%) debido a que la variación natural en niveles de proteína en leche es menor (Bachman, 1992). Por lo tanto, de antemano se debe saber que la magnitud del incremento de proteína en leche mediante la alimentación es mucho menor que la grasa en leche, entonces si el objetivo es incrementos en la misma, se debería optar en principio por factores no nutricionales como la genética y después optar por los nutricionales.

Aun así, dentro de los factores nutricionales, 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 de la dieta 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 (Morales, 1999). De esta manera un incremento en la energía estimula la producción de proteína microbiana que cumplirá como sustrato para la proteína en leche como fuente de aminoácidos.

La proteína en leche se sintetiza a partir de aminoácidos, estos provienen de dos fuentes en la vaca lechera: a) proteína microbiana que se produce en el rumen y b) proteína de la ración que no se fermenta en el rumen (proteína pasante). La presencia de estas fuentes de proteína en la cantidad y calidad adecuadas en el intestino garantizarán un adecuado flujo de aminoácidos para la síntesis de proteína en la leche (Orskov, 1982).

Como ya se mencionó, dentro de los factores nutricionales para incrementar la proteína en leche se pueden encontrar el consumo de energía, a mayor consumo de la misma proveniente de carbohidratos, mayor producción de leche y de proteína. La inclusión de carbohidratos no estructurales son una buena fuente de energía de rápida fermentación ruminal, capaz de favorecer el crecimiento microbiano, según diversos autores hay un rango óptimo entre 30-40% de la dieta total en el cual no se vería afectado el pH ruminal (Ramos et al., 1998).

Proteína en la dieta, como se mencionó anteriormente el nivel y calidad de proteína pasante son indispensables para un adecuado aporte de aminoácidos a la glándula mamaria (Ramos et al., 1998). Además, el nivel de proteína degradable debe ser adecuado para un óptimo crecimiento microbiano (Sutton 1989, Bachman 1992).

La lactosa es un disacárido compuesto por una molécula de glucosa y una de galactosa. Su concentración tiende a ser relativamente independiente de la dieta y es el principal agente osmolar de la leche, facilitando el flujo desde el interior de la célula secretora a los alvéolos. Por ello, su concentración va relativamente paralela a los volúmenes emitidos. Como su sustrato original es el ácido propiónico en rumen, al aumentar el porcentaje de concentrados, se aumenta la cantidad de lactosa y por lo tanto hay una respuesta en mayor volumen de leche (Manterola, 2007).

También es de relevancia ya que es un sustrato nutritivo para los microorganismos que invaden la glándula mamaria (Blum et al., 2008). El recuento bacteriano total está relacionada a la reducción de la lactosa, pues las bacterias utilizan ese componente como sustrato para los procesos fermentativos (Bueno et al., 2008).

El volumen de leche secretada es directamente proporcional a la cantidad de lactosa sintetizada, y consecuentemente, la producción de leche está íntimamente relacionada al consumo de alimento. Los carbohidratos no estructurales, como el almidón, aumentan la producción del ácido propiónico, principal precursor de la lactosa en la leche, a través de la gluconeogénesis hepática. En función de estas informaciones, la identificación en la disminución de los niveles de lactosa puede indicar que la cantidad de carbohidratos de fácil digestión suministrada a través de la dieta está por debajo de la necesidad de satisfacer las necesidades de los animales en producción (NRC 2001, Mühlbach 2010). Así también, en el trabajo de maestría de Moro (2013), encontró que el contenido de lactosa está relacionado con el valor energético de la dieta, en función de su relación con el contenido de nutrientes digestibles totales y de carbohidratos no fibrosos, así como del CMS, presentando relación contraria al contenido de FDN de la dieta.

Lactosa es el componente de la leche que menos varía en porcentaje (4,2 - 5,1%), a diferencia de la grasa y la proteína, con excepción de las vacas subalimentadas donde se observa una disminución ligera de la misma. Ya sea por su papel en la capacidad de atraer agua a las células alveolares y por consiguiente repercutir en el volumen de leche producido por la glándula mamaria, su relación con el contenido de células somáticas y por ende con la mastitis, representar indirectamente la digestibilidad y el valor energético de la dieta consumida, también es relevante ya que sólo se encuentra en la leche y es el carbohidrato principal de la misma en la mayoría de las especies y por ende fuente de energía para quien la consume.

2.2.1. Producción de leche en pastoreo con suplementación

Los sistemas de producción de leche en Uruguay se caracterizan por ser un sistema a base de pasturas, siendo el 70% de la dieta pastoreo directo, heno y ensilaje y el resto concentrados a base de grano (Chilibroste, 2002).

En general a mayor habilidad del animal para utilizar energía mayor será su consumo de energía. De esta manera la vaca durante la lactancia consume más que una vaca similar no lactante (Bines, 1976), por eso la importancia de la nutrición del animal en lactación. A su vez Bines (1976), menciona que el consumo de una vaca que produce muchos litros se espera que sea mayor que el de una vaca que produce una menor cantidad de litros, sin embargo, esta diferencia puede verse atenuada o enmascarada por las diferencias en variación de PV de los animales.

En base a pasturas, la producción de leche aumenta a medida que aumenta la asignación de forraje, explicado principalmente por un mayor consumo total de MS (Wales et al. 1998, 1999, Aldama et al. 2003). Dentro de los sistemas nacionales hay una gran variación en el uso de la pastura, ya sea en asignaciones como en tiempo de acceso a la pastura.

El consumo voluntario esta positivamente correlacionado con la producción de leche (Ingvarsen 1994, Pulido y Leaver 2003) y el mayor consumo dado una mayor producción de leche explicado por mayor tiempo de pastoreo y una tasa de consumo mayor (Pulido y Leaver, 2003).

En pasturas de baja disponibilidad donde hay severas limitantes al consumo de forraje, el costo extra de mantenimiento puede ser del 25 a 30 %, principalmente debido al costo de pastorear. En este caso si los animales no pueden compensar con un mayor consumo, que se estima en 0,7 y 1,2 kgMS/día, según la calidad de las pasturas y peso de los animales, el gasto energético extra afectaría considerablemente la producción (Di Marco y Aello, 2003).

La asignación de forraje es otro de los factores del manejo que modifica en gran medida la producción de leche. Cea (1987), trabajando con vacas en lactancia temprana sobre una pradera mezcla de gramíneas y leguminosas (2700 kgMS/ha), en tres niveles de asignación (14, 27 y 55 kgMS/vaca/día) obtuvo respuesta significativa en producción de leche. A su vez al estudiar el efecto de dos niveles de suplemento (0 y 4,6 kgMS/vaca/día) obtuvo respuesta significativa a la suplementación en producción de leche, pero no se detectó interacción nivel de asignación por nivel de concentrado.

Los sistemas de producción de leche a base de pastura exhiben un desbalance estructural entre oferta y demanda de nutrientes. Este desbalance se intenta corregir suplementando con reservas forrajeras y concentrados, derivando en sistemas con niveles crecientes de complejidad operativa, requerimientos de infraestructura y fundamentalmente de precisión en el manejo de los recursos alimenticios (Chilibroste et al., 2011). Es por ello que los sistemas productivos nacionales presentan una base alimenticia sólida a base de cosecha directa de forraje, suplementos de henos y ensilajes y se complementa con concentrados ya sea granos o raciones formuladas.

2.2.2. Producción de leche en confinamiento

En los sistemas estabulados utilizan DTM, basadas en alguna combinación de forrajes conservados, concentrados a base de granos, subproductos proteicos, minerales y vitamínicos. Entre las principales ventajas atribuidas a este sistema de alimentación se destacan la de permitir la expresión del potencial de producción de leche en vacas de alto mérito genético y la simplicidad en la determinación del consumo de alimento y monitoreo de los costos de alimentación (Salado, 2012). Las DTM en rodeos bien manejados son capaces de sostener una producción por encima de los 10.000 kg leche/lactancia. Como contrapartida, los costos de producción suelen ser altos, principalmente del alimento y de la mano de obra, los cuales representan en conjunto más del 50% de los mismos (Moore 1998, Short 2004).

El costo de producir un litro de leche se incrementa significativamente a medida que disminuye la proporción de pastura en la dieta, con un alto grado de asociación ($r=0,91$, Dillon et al., 2008). Es por ello que, en países desarrollados en donde el uso de DTM ha sido difundido ampliamente a nivel comercial, la investigación se ha orientado a evaluar la inclusión del pastoreo o forraje verde cortado como una estrategia para reducir costos y mantener buenos niveles productivos (White et al., 2002).

Altos niveles de alimentación durante el primer tercio de lactación se traducen en diferencias en la producción total del animal y su CC (Broster et al. 1993, Chilbroste et al. 2011). Es por eso por lo que muchos sistemas pastoriles realizan una estabulación parcial o una suplementación que represente una gran parte de la dieta total al inicio de la lactancia.

2.3. PASTORIL VERSUS DTM

Trabajos nacionales e internacionales han investigado la relación entre plano de alimentación y performance animal, donde comparan DTM con dietas basadas 100% en pastoreo o combinando pastoreo y suplementación (ver cuadro 2). Los resultados han sido consistentes en mostrar una respuesta directa en producción de leche y sólidos frente a un aumento en el plano alimentación en lactancia temprana o media. Para comprender mejor el impacto del uso de estas prácticas de alimentación en sistemas pastoriles, se debe analizar la interacción entre la alimentación con DTM y la alimentación en pastoreo, ya que la respuesta en producción de leche a la suplementación depende de muchos y diversos factores (Baudracco et al., 2010).

A nivel nacional se ha evaluado la inclusión de DTM a inicios de lactancia como estrategia para expresar el potencial de producción animal en momentos de baja producción de forraje particularmente con animales a inicio de lactancia durante el periodo otoño – invierno. Algunos trabajos en esta línea son los reportados por Acosta (2010), Mendoza (2012), Sprunck et al. (2012), Fajardo (2015). A su vez, en el plano internacional se encuentran trabajos como los reportados por Kolver y Muller (1998), Bargo (2002a), White et al. (2002), Vibart et al. (2008), en los que se compara DTM con diferentes combinaciones de pasturas suplementadas y que han trabajado con animales en diferentes estadios de lactancia, desde lactancias completas como White et al. (2002), a animales con 180 DPP en el caso de Soriano et al. (2001). También estudiaron diferentes combinaciones de DTM y pasturas, desde los extremos 100 % DTM vs. 100 % pasturas, a combinaciones de ofertas de 50 % DTM - 50 % pasturas.

Cuadro 2. Impacto sobre el consumo, producción y composición de leche utilizando diferentes estrategias de alimentación que incluyen DTM (dieta totalmente mezclada), pasturas y concentrados

Autores	Trat.	Consumo kg MS/día			Producción kg/día	Composición %		Composición Kg.	
		Dtm	Pas	Total		gr	pr	gr	pr
Kolver y Muller (1998)	DTM	23,4	0	23a	44	3,5	2,8a	1,5a	1,2a
	Pastura	0	19	19b	29,6	3,7	2,6b	1,1b	0,7c
Soriano et al. (2001)	DTM	26	0	26c	29a	3,5	3,3	1	0,9
	DTM+P1*	20	4,8	24,8b	27b	3,5	3,2	1	0,8
	DTM+P2*	17,5	6	23,5 ^a	28a	3,4	3,2	1	0,8
Bargo et al. (2002b)	DTM	27	0	27 ^a	38a	3,3a	3a	1,2a	1,1a
	P+conc.	9	13	22b	28b	3,1b	2,8b	0,9b	0,8b
Vibart et al. (2008)	DTM *3	26	0	26	34	3,6	2,9	1,2	1
	DTM *4	25	0	25	36	3,3	2,8	1,2	1
	DTM+P*3	12	9,4	21	33	3,9	2,8	1,3	0,9
	DTM+P*4	13	6,9	19	33	3,7	2,8	1,2	0,9
Mendoza et al. (2012)	DTM	24	0	24	34a	4,1	3,3	1,4	1,1
	DTM+8h P	19	3,6	22	32b	4	3,2	1,3	1,
Fajardo (2015)	DTM	26,8	0	26 ^a	35,3a	3,7	3,3	1,3a	1,2a
	DTM+9h P	14	7	21b	33b	3,9	3,3	1,3a	1,1b

Trat: tratamiento; P= pastura; DTM= dieta totalmente mezclada; *1= DTM (pm)+P(am); *2= DTM (am)+P(pm); *3= experimento 1; *4= experimento2; conc= concentrado, gr= grasa; pr= proteína. Letras diferentes en la misma columna señalan diferencias significativas (P< 0,05).

De acuerdo con estos trabajos, vacas Holando de alta producción no serían capaces de consumir el volumen necesario de MS únicamente en pastoreo, por lo cual con dietas 100% pastura ven limitado su potencial productivo. Kolver y Muller (1998), observaron que la alta calidad de la pastura permitió a las vacas consumir la misma cantidad diaria de FDN y proteína cruda (kg/día) que vacas alimentadas con DTM, pero la pastura proporcionó un 19% menos de MS, materia orgánica y energía neta de lactación. Sin embargo, cuando las combinaciones se acercan al 50% de pastura las diferencias en producción disminuyeron observándose valores del 16% (Bargo, 2002a), e incluso Vibart et al. (2008), no encontraron diferencias significativas en leche corregida por grasa con consumos de 32% pastura – 68% DTM respecto a 100% DTM, al igual que Soriano et al. (2001). A nivel nacional, los resultados observados acompañan los resultados obtenidos en los trabajos internacionales, donde los mayores consumos y producción de leche fueron logrados en aquellos animales alimentados con

100% DTM respecto a aquellos animales alimentados con pastura o pastura y DTM (o concentrado). Por esto se podría decir que el CMS fue el principal factor limitante que explica la diferencia en la producción de leche cuando se compararon los distintos sistemas de alimentación.

2.4. HIPÓTESIS

El pastoreo más suplementación permite obtener resultados productivos similares a los obtenidos en estabulación durante el primer tercio de lactancia en vacas Holando con parición primaveral.

Con estrategias de alimentación diferentes se puede modificar el consumo y la producción de leche.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el marco del proyecto “Estrategias de intensificación para sistemas de producción de leche competitiva y sostenible”, a partir de agosto 2015 hasta mayo 2016. El mismo se desarrolló en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay (-32° 22'S - 58 ° 03'W).

El período experimental comprende las primeras 13 semanas posparto, el cual va desde el día 18 de agosto (fecha promedio de partos) al 18 de noviembre del 2015, en el cual se realizaron dos instancias de mediciones del consumo, semana 6 (S6) y semana 11 (S11) posparto. Las tareas experimentales fueron de acuerdo con las regulaciones en el uso de animales experimentales, docencia e investigación de la Universidad de la República (Expediente CEUA No.: 021130-001914-15).

3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

Se utilizaron 24 vacas Holando multíparas de parto de primavera, bloqueadas por fecha de parto ($18/08/2015 \pm 11$ días), PV (641 ± 68 kg), CC ($2,87 \pm 0,43$), producción en lactancia previa y número de lactancias. El experimento consistió en un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones (4 vacas/repetición) y 2 tratamientos (12 vacas/tratamiento), durante el primer tercio de la lactancia. Los tratamientos fueron vacas alimentadas con 100% DTM *ad libitum* (T1) y vacas en pastoreo suplementadas con 5,4 kgMS/vaca/día de concentrado comercial para balancear la dieta (T2).

3.2. ANIMALES Y MANEJO

Durante el preparto, entre los días -57 y 0 (parto) se realizó un monitoreo y seguimiento del CC, PV y alimentación de los animales con el fin de llegar al parto con una CC entre 3 y 3,5. Este período a su vez se dividió en dos momentos: 1) vacas manejadas sobre pasturas (-57 a -31 días); 2) alimentadas con una dieta balanceada preparto a partir del día -31 hasta el parto, la cual fue ajustada el día -21 (ver cuadro 1) con el fin de cubrir los requerimientos para mantenimiento y gestación.

En el posparto las vacas fueron asignadas a sus tratamientos. Las vacas T1 manejadas en confinamiento, alimentadas con una DTM *ad libitum* (ver cuadro 2) suministrada una vez por día a las 8:00am, las cuales se alojaban en un tinglado con techo de nylon y piso elaborado con chips de madera, con una superficie de 176 m²/corral y a una distancia de 850 metros de la sala de ordeño. La DTM era suministrada

en comederos colectivos con un frente de ataque de 0,6m/vaca. El T2 consistió en vacas en doble pastoreo de alfalfa (8-14hs) y festuca (17:30hs hasta el ordeño am) hasta la semana 3. A partir de la semana 4 se continúa con el doble pastoreo, pero de festuca, respetando el mismo horario, con asignaciones de forraje de 30 kgMS/vaca/día (sobre 3 centímetros cm de suelo) en parcelas semanales y suplementadas con 5,44 kgMS de concentrado comercial suministrados luego del ordeño am 20 minutos antes de ir al pastoreo. La pastura se encontraba a una distancia de 1200 metros de la sala de ordeño.

Se utilizó una pastura de primer año de *Festuca arundinacea* (cv. INIA Fortuna). Esta fue sembrada el 7 de mayo del 2015 con 10 kg/ha y fertilizada a la siembra con 100 kg de fosfato di amónico. Posteriormente el 9 de mayo se aplicó 400 centímetros cúbicos de herbicida Preside para el control de maleza. Se re-fertilizó una vez durante el período experimental con 80 kg urea/ha el 18 de setiembre. Las parcelas fueron asignadas semanalmente con una oferta objetivo de 30 kgMS/vaca/día sobre 3 centímetros sobre el suelo.

Cuadro 3. Ingredientes (base fresca) y composición química de la dieta ofrecida para ambos tratamientos (base seca)

Ingredientes	DTM	Suplemento	Festuca (P1)	Festuca (P2)
Ensilaje de maíz	35,2	....	....	....
Heno de moha	3,8	....	....	....
Grano de maíz	24,5	....	....	....
Grano de sorgo	7,3	32	....	....
Grano de cebada	4,74	31	....	....
Expeler de soja	14,5	32	....	....
Expeler de girasol	8	....	....	....
Cloruro de sodio	0,36	1	....	....
Premezcla de sales	1,4	4	....	....
Composición química				
MS	44,3	89,3	27,7	26,05
MO	93,9	94,3	93,9	88,7
FDN	34,5	33,4	51,7	55
FDA	19,9	8,3	28,6	28,9
Lignina	3,6	2,7	3,1	2,7
PC	12,1	16,8	17,4	12,03
NIDN	2,6	7,7	5	4,8
NIDA	1,5	1,4	1,1	1,21
EE	3,3	3	3,1	3,1
Cenizas	6,1	7,3	8,7	11,3

MS: Materia Seca; PC= Proteína Cruda; FDN= Fibra Detergente Neutro; FDA= Fibra Detergente Acida; LDA= Lignina Detergente Acida; NIDN= Nitrógeno Indigestible Detergente Acido; NDA= Nitrógeno Digestible Acido; MO= Materia Orgánica; EE= Extracto Etéreo

3.3. DETERMINACIONES

3.3.1. En los animales

La producción de leche se registró individualmente (en cada ordeño) con el uso de medidores Waikato®. El contenido de grasa, proteína y lactosa en leche se determinó semanalmente con muestras en los dos ordeños consecutivos a través del método de espectroscopia de infrarrojo cercano (Near Infrared Reflectance Spectroscopy -NIRS, Milko-Scan, Fross Electric, Hiller Od, Denmark). La concentración de energía en leche en Mcal/kg se calculó de acuerdo con ecuaciones NRC (2001).

En la etapa de parto a partir del día -31 se comienza con las determinaciones de CC y PV las cuales se realizan con una frecuencia de 15 días durante el resto del experimento. La CC fue determinada por observación visual utilizando una escala de 5 puntos donde 1 corresponde a una vaca muy flaca y 5 a una vaca muy gorda (Edmonson et al., 1989). La determinación fue realizada siempre por el mismo observador. El mismo día en que se determinaba CC también se hacía el pesaje de los animales para la determinación del PV utilizando una balanza HOOK AT 150.

El CMS de la DTM se determinó por diferencia entre la MS ofrecida y rechazada. En el T2, se estimó el CMS total como la sumatoria del CMS de la pastura más el CMS del suplemento. El consumo de la pastura fue estimado según NRC (2001), a partir de los requerimientos de energía metabolizable (EM), para mantenimiento (basal, termorregulación, actividad), ganancia (movilización de reservas o fijación de tejido) y producción (kg de leche y su composición) para el período 1 y 2. A dicho requerimiento de EM se le descuenta el aporte de EM que realiza el suplemento (cantidad conocida) y la diferencia, dividida el contenido de EM/kgMS de la pastura da el consumo de MS de la pastura.

3.3.2. En los alimentos

La disponibilidad de forraje (kgMS/ha) fue estimada mensualmente utilizando el método comparativo adaptado de Haydock y Shaw (1975), con una escala de cinco puntos (alturas) y tres réplicas tomadas en áreas representativas de la pastura (15 muestras). Cada punto de la escala fue medido con el RPM (Reising Plate Meter®- Ashgrove Co. Palmerston North, New Zealand). Los 15 cuadros se cortaron a partir de 3 cm del suelo con un cuadro de 30*30cm y tijera eléctrica (tijera combinada GSL35; Black&Decker). La altura del forraje se registraba con el RPM en 100 puntos por parcela tomados al azar. El forraje cortado fue secado en estufas de aire forzado (60°C) con el fin de determinar su contenido de MS. Luego se ajustaba una regresión con los valores de disponibilidad de forraje (kgMS/cuadrante) y la altura medida con el plato de los 15 cuadrantes muestreados, la cual fue utilizada para ajustar semanalmente la masa de forraje ofrecida. A su vez se recolectaron muestras en los mismos momentos de determinación del consumo para su análisis de composición química, mediante la técnica de hand clipping modificado según lo realizado por Fajardo (2012), en tesis de maestría. Para esto se dejaban zonas de exclusión representativas a lo ofrecido, previa entrada de los animales y una vez que estos se retiraban de la parcela se observaba las zonas que fueron pastoreadas y se imitaba el pastoreo en la zona reservada.

Se tomaron muestras del concentrado comercial y DTM ofrecido y de los rechazos en los momentos de estimación de consumo, así como de los componentes principales (cuando se registraron nuevas partidas de concentrados y/o forrajes conservados), para análisis de composición química. Todas las muestras tomadas, tanto

las de forraje como las de concentrado, se secaron en estufa de aire forzado a 60°C y luego se molieron en un molino con malla de 2 milímetros.

3.3.3. Análisis de laboratorio

Las muestras de forraje, DTM y suplementos fueron molidas a 2 mm y se pasaron por un cuarteador obteniendo dos muestras, de una de ellas se extrajo una cierta cantidad en gramos y se mezclaron entre sí las correspondientes a un mismo período de consumo para formar una muestra compuesta para cada período. Luego las muestras compuestas fueron enviadas al laboratorio de Nutrición Animal, de la Facultad de Agronomía (UdelaR) para analizar su contenido de MS corregida a 105°C, N, EE y cenizas, según AOAC (1996). El contenido de fibra detergente neutro (FDN) y de fibra detergente ácido (FDA) se determinaron secuencialmente (Van Soest et al., 1991; sin sulfato de sodio en una solución detergente neutro), utilizando un analizador de fibra ANKOM200 (ANKOM Technology Corp., Fairport, NY, USA).

3.3.4. Clima

Durante el período experimental se realizó el seguimiento de las variables climáticas mediante información obtenida de la estación meteorológica de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni. Las variables registradas fueron la temperatura media (°C), las precipitaciones en milímetros (mm) y la humedad relativa (%). Estas fueron analizadas y comparadas con una serie histórica 2002-2014 resumida mensualmente, obtenida de la misma estación meteorológica. Además de esto, se realizó el cálculo teórico de ITH (Valtorta y Gallardo, 1996) mensual para el período en estudio, así como para la serie histórica utilizada para contrastar los datos climáticos registrados durante todo el período.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS (del SAS Institute), usando un diseño en bloques al azar con un modelo mixto y un análisis de medidas repetidas en el tiempo (si corresponde de acuerdo con la variable) mediante el procedimiento MIXED. El modelo incluyó el efecto del tratamiento, tiempo (momento de medición) y su interacción como efecto fijo y el bloque como efecto aleatorio.

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + Y_j + \tau Y_{ij} + \beta_k + V_l + \delta_{k(ii)} + \epsilon_{ijkl}$$

μ : media general

τ_i : efecto del i ésimo tratamiento

Y_j : efecto del momento de lactancia

τY_{ij} : interacción tratamiento por momento de lactancia

β_j : efecto del j ésimo bloque

V_l : efecto del individuo/vaca

$\delta_{k(ii)}$: error de submuestreo

ϵ_{ij} : error experimental

3.5. CÁLCULOS

Los requerimientos energéticos, para mantenimiento, actividad y producción, fueron realizados según NRC (2001).

$ENl \text{ (Mcal/kg)} = \text{Leche} * (0,0929 * GR + 0,0547 * PR + 0,0395 * LC)$ (NRC, 2001)

GR: grasa; PR= proteína; LC= lactosa

$ENm \text{ (Mcal/día)} = ENm. \text{ Basal (Mcal/día)} + ENm. \text{ Actividad (Mcal/día)}$

$ENm \text{ basal (Mcal)} = (PV^{0,75}) * 0,80$

PV: peso vivo

$ENm \text{ actividad (Mcal)} = (((\text{Distancia-km-} * \text{viajes}) * (0,00045 * PV)) + (0,0012 * PV))$

$GCC(9) = ((GCC - 1) * 2) + 1$

GCC: grado de condición corporal

$\text{Proporción de grasa corporal (AF)} = 0,037683 * GCC(9)$

$\text{Proporción de proteína corporal} = 0,200886 - 0,0066762 * GCC(9)$

$\text{Peso Corporal Vacío (EBW)} = 0,81696 * (PV/\text{factor de ajuste})$

$ITH = (1,8T + 32) - (0,55 - HR\%) * 1,8 T - 26$ (Valtorta y Gallardo, 1996)

T: temperatura del aire (°C)

HR%: humedad del aire (%)

4. RESULTADOS

4.1. CLIMA

Las precipitaciones totales acumuladas en el período en estudio fueron de 567,6 mm, donde el 45% de las mismas se registraron en el mes de agosto estando por encima al esperado para ese mes de 73 mm (serie 2000 - 2014, estación meteorológica EEMAC 2015), mientras que para los restantes meses las precipitaciones acumuladas se mantuvieron por debajo de los promedios históricos (95, 137 y 118 mm para setiembre, octubre y noviembre respectivamente). Los valores promedio de temperatura media para el período se ubicaron levemente por encima del promedio histórico, $16 \pm 2,5$ vs. $15 \pm 2,6^{\circ}\text{C}$, estando la temperatura media mensual dentro del rango esperado para la época (registro 2000 - 2014, estación meteorológica EEMAC 2015). La humedad relativa (HR) se encontró por encima del esperado para cada mes, con un valor promedio de 74 ± 5 vs. $63 \pm 2\%$ para el período bajo análisis. El ITH promedio para el período de análisis fue $60,3 \pm 2,8$.

Cuadro 4. Precipitación acumulada (mm), índice de temperatura y humedad, temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y HR (%) promedios y sus desvíos para el período experimental

Mes	Pp (mm)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	HR (%)	ITH
agosto	255	16 ± 5	81 ± 12	59 ± 5
setiembre	82	14 ± 5	70 ± 15	57 ± 5
octubre	114	16 ± 5	75 ± 12	60 ± 5
noviembre	116	20 ± 4	60 ± 16	64 ± 5

Pp: precipitación; mm= milímetros; Temp.= temperatura; HR= humedad relativa; ITH= índice de temperatura y humedad.

4.2. COMPOSICIÓN DE LA DIETA

4.2.1. Tratamiento 1: dieta totalmente mezclada

La cantidad total suministrada de la DTM aumentó un 33, 60 y 77% respecto a la inicial (16 kgMS/vaca/día) en las semanas 3, 7, y 11 respectivamente. A su vez la proporción de los ingredientes de la DTM también variaron en proporción. El concentrado comercial (granos de maíz y cebada, y Expeler de soja y girasol) fue aumentando a lo largo del período experimental pasando del 23% de la dieta al comienzo, llegando a representar el 39% del total de la dieta al finalizar el período. Consecuentemente se dio un aumento del contenido de proteína cruda (8,9 vs. 12,6%).

El otro ingrediente de la dieta que presentó una variación importante fue el ensilaje de maíz. Si bien la cantidad suministrada aumentó en el período (6,5 vs. 11 kgMS), la proporción de este alimento dentro de la DTM disminuyó gradualmente pasando de 42% a 34,7% a inicios y final del período experimental respectivamente. Para el caso del heno de moha, este disminuyó en cantidad y en proporción dentro de la dieta (1,9 vs. 1,1 kgMS y 12,1 vs. 3,4% en proporción del total para inicio y final del período respectivamente). El grano de sorgo si bien aumentó al doble la cantidad suministrada, de forma gradual de inicio a final del período (3,5 vs. 7 kgMS) la proporción de este ingrediente dentro de la DTM se mantuvo relativamente constante en el orden del 24%. Estos cambios en la proporción de los ingredientes hicieron variar la composición química de la DTM ofrecida (ver cuadro 6).

Cuadro 5. Composición química promedio de la DTM suministrada y del rechazo observado (base seca)

	DTM	
	Ofrecido	Rechazado*
MS%	44,3 ± 2,5	44,4 ± 2,4
C%	6,1 ± 0,1	5,9 ± 0,14
PC%	11,4 ± 2,2	10,3 ± 1,7
FDN%	35,5 ± 3,4	40 ± 5,27
FDA%	21,4 ± 2,3	24,2 ± 3,4

*semana de determinación 11

El rechazo observado presentó una calidad diferente al material original suministrado (ver cuadro 5), variando las proporciones de sus componentes químicos. Los valores presentados de rechazo de DTM corresponden al determinado en la semana 11 posparto.

4.2.2. Tratamiento 2: pastura más suplemento

El contenido de MS de la festuca se mantuvo relativamente constante (26,4 ± 0,24 kg), y la calidad fue disminuyendo en el transcurso del experimento. El contenido de PC disminuyó un 35%, y un aumento de los componentes de la pared celular en el orden del 12%, 11%, y 4% para FDN, FDA y lignina respectivamente. El aporte de EM de la pastura también sufrió una disminución del 13%. En el cuadro 6 se puede apreciar la composición química promedio para la festuca y el concentrado comercial.

Cuadro 6. Composición química promedio y su variación durante el período experimental de los alimentos festuca y concentrado comercial

	Festuca	Concentrado
MS%	26,4 ± 0,24	89,4 ± 3,3
PC%	15,6 ± 2,64	16,9 ± 0,1
FDN%	52,8 ± 2,58	33,4 ± 6,9
FDA%	28,7 ± 2,15	8,3 ± 1,5
EM Mcal/kgMS	1,98 ± 0,25	2,91 ± 0,02

La cantidad de concentrado suministrado se mantuvo constante dentro del período, con un valor de 5,4 kgMS ofrecidos. La proporción de los ingredientes se mantuvo constante siendo de 32, 31, 32, 5% para grano de sorgo, grano de cebada, expeler de soja, premezclas de sales.

4.3 CONSUMO

4.3.1. Consumo total de materia seca entre tratamientos y entre períodos de estimación

Como se puede observar no hubo efecto significativo del tratamiento ($P=0,4$), ni del período ($P=0,4$), así como tampoco una interacción tratamiento * período ($P=0,5$) sobre el consumo total de MS, logrando el mismo nivel de ingesta de MS en ambos períodos de determinación para vacas T1 y T2 (ver cuadro 7). A su vez el consumo de pasto fue igual en ambos períodos de estimación, S6 y S11 ($P=0,8$).

Cuadro 7. Consumo de materia seca y energía metabolizable de los tratamientos T1y T2 en las semanas de determinación 6 y 11 posparto

	Semana 6		Semana 11	
	T1	T2	T1	T2
CMS total, kg/día	21, 6	21, 5	23	21, 5
DTM, kg/día	21,6 ± 0,4	---	23 ± 2,5	---
Pastura, kg/día	---	16 ± 0,6	---	16 ± 1
Concentrado, kg/día	---	5,4 ± 1	---	5,4 ± 1
CEM, Mcal/día	55,6	50,7	57,5	45,8

CMS= consumo de materia seca; DTM= dieta totalmente mezclada; CEM= Consumo de energía metabolizable.

4.3.2 Requerimiento de energía metabolizable de los tratamientos

Para el requerimiento de EM no hubo un efecto significativo del tratamiento ($P = 0,9$), ni del período ($P = 0,6$), aunque sí hubo una interacción entre tratamiento y período ($P = 0,02$).

Cuadro 8. Demanda de EM estimada promedio y su principal destino vs. EM ofrecida a las vacas T1 y T2 en la semana 6 y 11 posparto

	Semana 6		Semana 11	
	T1	T2	T1	T2
Demanda de EM Mcal/día	47,4 ± 4,5	50,2 ± 3,9	50,2 ± 3,9	46,2 ± 5,6
mantenimiento, Mcal/día	10,4 ± 0,7	11,5 ± 0,8	10,8 ± 0,8	11,6 ± 0,7
producción, Mcal/día	35,5 ± 1,8	38,7 ± 3,6	37,5 ± 2,5	34 ± 3,3
crecimiento, Mcal/día	1,5 ± 3,4	0,0 ± 2,5	2 ± 3,4	0,7 ± 3,2
Oferta, Mcal/día	55,6	50,2	57,5	46,2
Balance EM, Mcal/día	8,2	0	7,3	0

Las vacas T2 disminuyeron sus requerimientos de EM ($P = 0,04$) de la semana 6 a la 11, acompañado por una disminución del 9% en la EM requerida para producción. En tanto que los requerimientos de mantenimiento no difirieron entre la semana 6 y 11 respectivamente. Si bien entre tratamientos no hubo diferencias significativas ($P = 0,9$), en la semana 11 se dio una tendencia a presentar mayores requerimientos de EM por parte de las vacas T1 respecto a las vacas T2 ($P = 0,07$), que fue acompañado por un aumento del 6% en los requerimientos para producción y 30% para ganancia. Al igual que las vacas T2, los requerimientos de mantenimiento no presentaron grandes variaciones entre la semana 6 y 11.

4.4. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE

4.4.1. Producción de leche

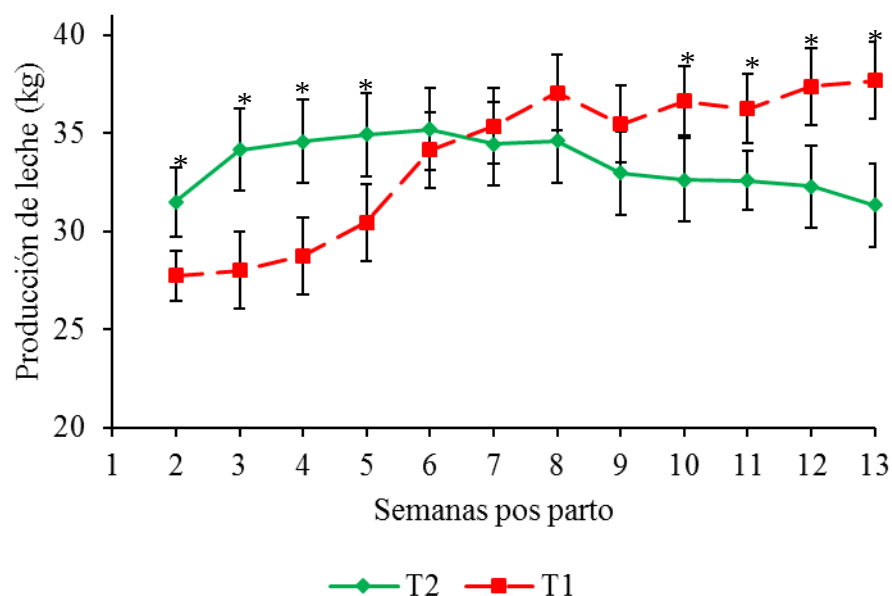


Figura 1. Evolución de la producción de leche promedio para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales

Cuando se observa todo el período analizado se puede ver que no hubo diferencias significativas entre tratamientos, no así si se analiza por semana de lactación. Desde la semana 2 a la 5 se puede observar como el T2 superó al T1, de la 6 a la 9 no hay diferencias ($P = 0,49$) y si de la 10 a la 13 en donde el T1 superó a T2 ($P = 0,01$).

También se encontró interacción entre semanas y tratamientos a lo largo del período analizado. El T1 presentó el pico de producción recién en la semana 8, estando por debajo de la producción del T2. También si se analiza la tendencia de la curva de producción en las 13 semanas se observa el mayor crecimiento desde la semana 2 a la 8 (24,7 y 37 kg respectivamente) y luego disminuye tendiendo a permanecer constante hasta la 13. Solamente presenta disminución en los kilogramos producidos en las semanas 9 y 11. En cambio, el T2 presentó una curva tradicional de lactancia en donde presentó crecimiento superior desde la semana 2 a la 3, para luego disminuir hasta la 6 pero manteniendo incrementos logrando 35,1 kg. Posteriormente comienza a caer la producción hasta la semana 13.

4.4.2. Porcentaje y producción de grasa en leche

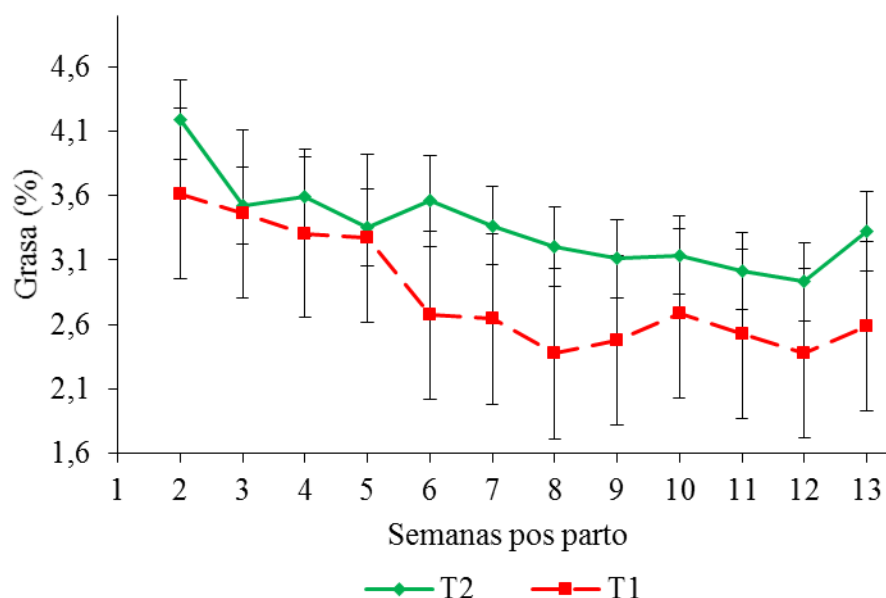


Figura 2. Evolución de los porcentajes de grasa para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales

El porcentaje de grasa no presentó diferencia significativa entre tratamientos a lo largo de todo el período analizado ($P > 0,05$), pero sí presentó interacción entre semana de lactación y tratamiento ($P < 0,001$) en donde ambos tratamientos decrecen desde la semana 2 a la 5 (3,6 a 3,3 y 4,2 a 3,4 respectivamente) pero con una tendencia mayor el T2, para luego presentar un incremento en la semana 6 y posteriormente descender hasta la 12 y aumentar en la 13 en donde alcanzó un valor de 3,3%. Sin embargo, el T1 de la 5 a la 6 tiene el mayor descenso porcentual en todo el tratamiento pasando de 3,3 a 2,7 y desde ahí hasta la semana 12 tiende a mantenerse constante con descensos en las semanas 8 y 12 e incrementos en la 9 y 10, para finalizar en la 13 con un valor de 2,6. Sin embargo, el T2 tendió a ser mayor que el T1 sobre todo a partir de la semana 6 hasta la 13. Para ambos tratamientos la tendencia fue a disminuir desde el comienzo con una mayor variación entre semana en el T1.

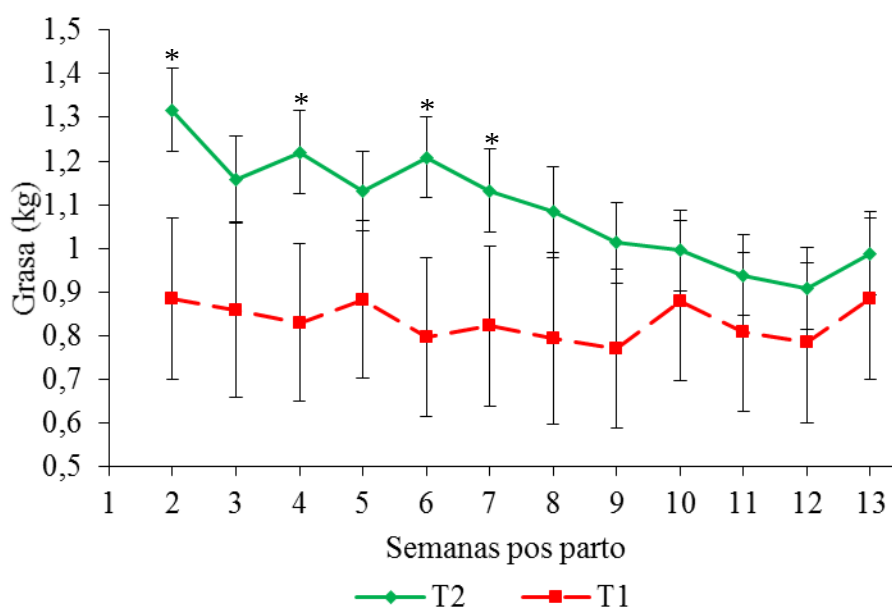


Figura 3. Evolución de los kilogramos de grasa promedio para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales

En cambio, en producción de grasa se encuentran diferencias significativas entre tratamientos (semanas 2, 4, 6 y 7) en donde T2 es mayor que T1 ($P < 0,05$), además se encuentra interacción tratamiento y semana de lactación a lo largo de todo el período en estudio ($P < 0,001$) en donde T2 mantuvo una tendencia descendente desde la semana 2 hasta la 13 pasando de 1,3 kg a 1 kg y solo presentando incrementos en las semanas 4, 6 y 13. En cambio en T1 a diferencia del porcentaje, éste tiende a ser casi constante con valores de 0,9 kg en la semana 2 y 13, pero encontrándose pequeñas variaciones significativas en cada semana.

4.4.3 Porcentaje y producción de proteína en leche

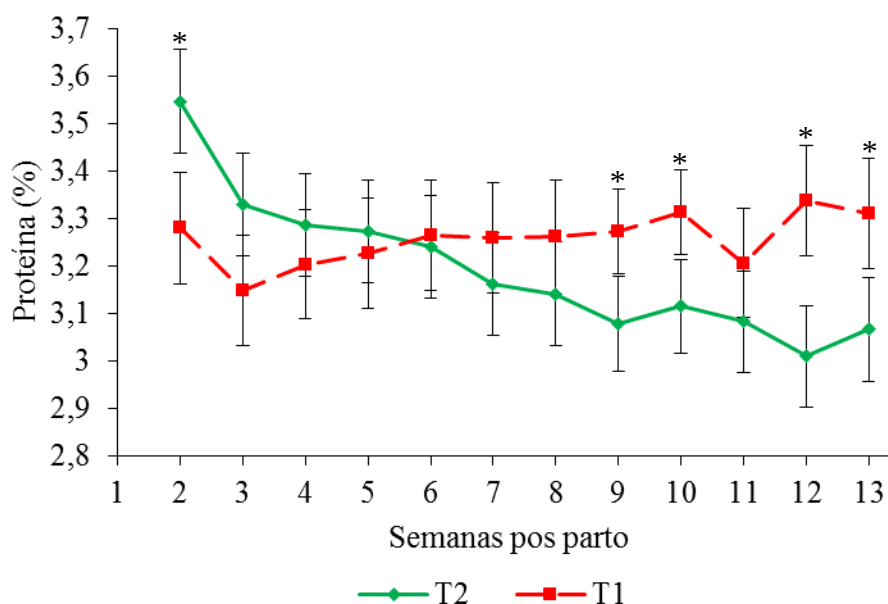


Figura 4. Evolución de los porcentajes de proteína para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales

Para proteína promedio se puede apreciar como el T2 decreció desde la semana 2 hasta la 13 y solamente lo superó al T1 en la semana 2 ($P = 0,01$), en donde no presentó diferencias de la 3 a la 8 donde en las semanas siguientes hasta la 13 el T1 lo superó a excepción de la semana 11 ($P = 0,2$), en la cual se registró un descenso en el mismo. Existió interacción semana por tratamiento, en donde la tendencia decreciente del T2 a lo largo de todo el período analizado presentó variaciones como una mayor tasa de descenso de la semana 2 a la 3, para luego casi mantenerla hasta la 12. Las únicas semanas que presentaron incrementos en el T2 fueron en la 10 y en la 13 llegado a valores de 3,11 y 3,06% respectivamente. A diferencia del T1 en donde sólo decrece en las semanas 3, 11 y 13. Desde la semana 3 a la 6 presenta el mayor crecimiento, para luego tender a mantenerse constante hasta la semana 9.

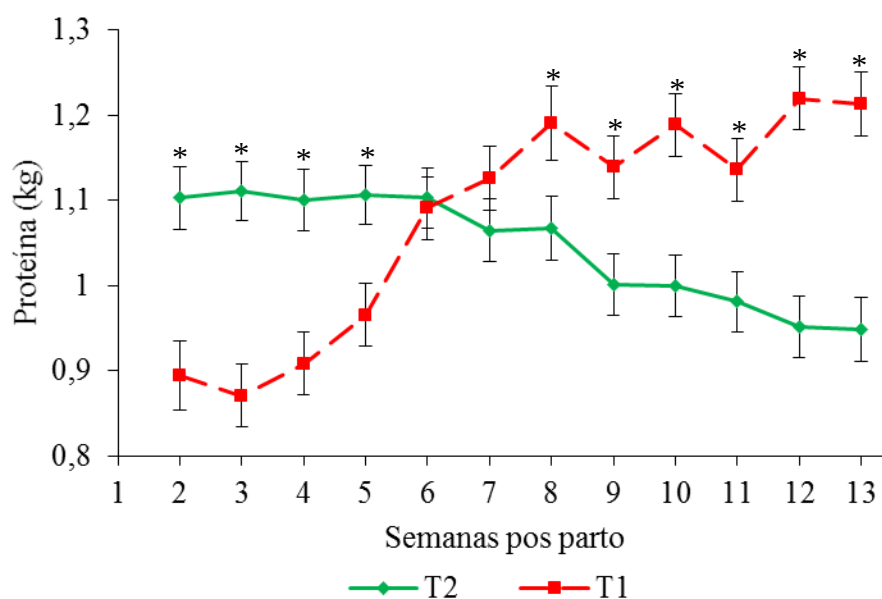


Figura 5. Evolución de los kilogramos de proteína promedio para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales

Los kilogramos de proteína solamente en las semanas 6 y 7 no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P= 0,8$ y $P= 0,25$ respectivamente) y en las restantes sí (figura 5). Además de presentar diferencias significativas entre tratamientos, también presentaron diferencias entre semanas para T1 y T2, comenzando desde la 2 a la 5, en donde el T2 fue superior con una tendencia casi constante (1,1 kg y en donde a partir de la 6 comienza a decrecer hasta la semana 13 donde logró 0,9 kg). En cambio, el T1 creció desde la 3 hasta la 8 con incrementos muy significativos (0,87 y 1,19 kg respectivamente) y en donde el mismo superó a T2 ($P= 0,03$), hasta la última semana en estudio, además posteriormente hasta la trece mantuvo la tendencia, pero con semanas decrecientes (9 y 11).

4.4.4. Porcentaje y producción de lactosa en leche

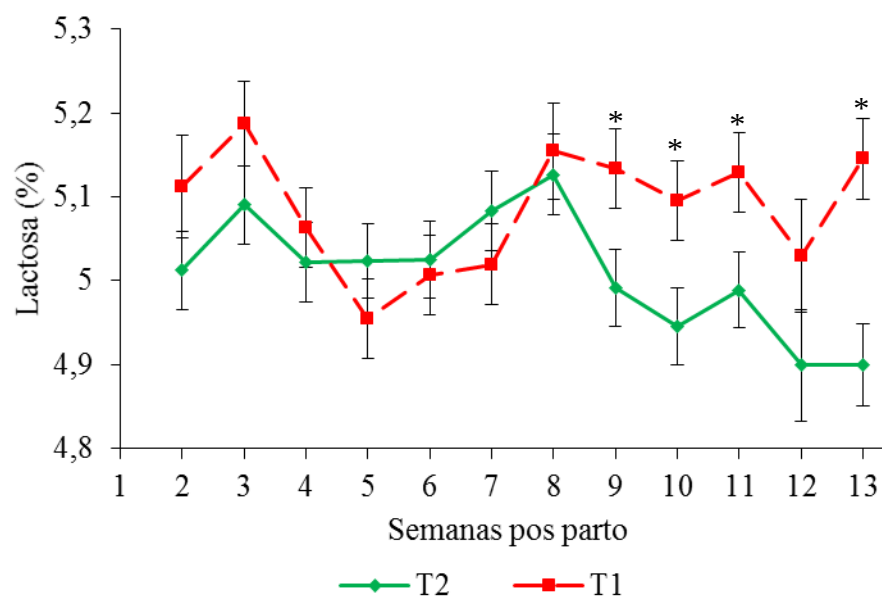


Figura 6. Evolución del porcentaje de lactosa para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales

Para lactosa promedio no se encuentran diferencias significativas entre tratamientos hasta la semana 9 ($P=0,04$) donde T1 supera a T2 y así se mantiene hasta la última semana en estudio a excepción de la semana 12 ($P=0,06$) en la cual no se registraron diferencias en el porcentaje de lactosa debido a un descenso del T1. Presentando interacción semana de lactación por tratamiento significativas en todo el período analizado ($P=0,0001$). El porcentaje de lactosa decrece desde la semana 2 hasta la 13 (5,01 y 4,89%), con una tendencia lineal para el T2. Si bien en valores absolutos no representa una disminución abrupta, es significativa ($P<0,001$). Sólo presentó incrementos en las semanas 3, 7, 8 y 11 en donde el mayor valor porcentual se alcanzó en la semana 8 con 5,12%. En las semanas que logró mantenerse estable el porcentaje de lactosa es de la semana 4 a la 6 y de la 12 a la 13, luego siempre presentó descensos encontrándose el mayor de la semana 8 a la 10.

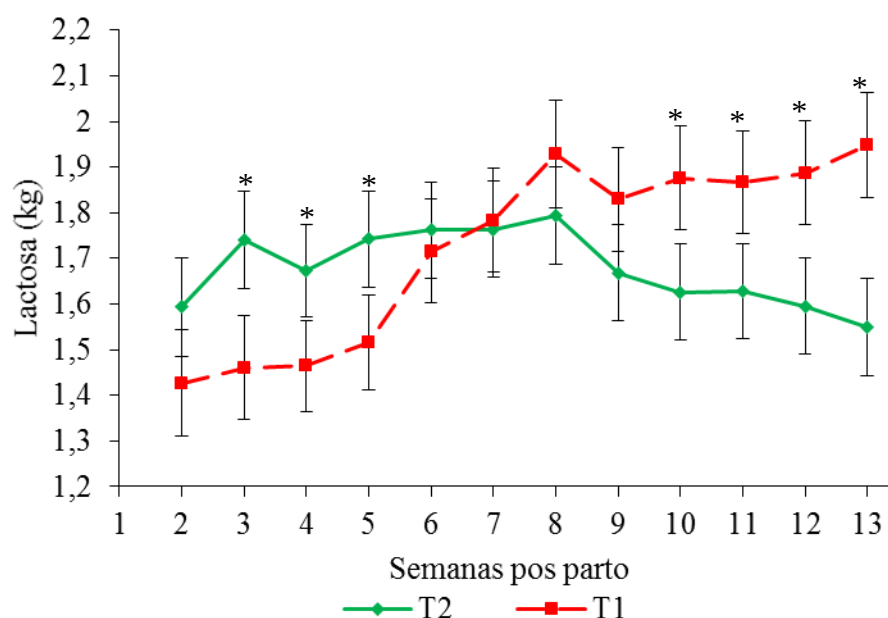


Figura 7. Evolución de los kilogramos de lactosa promedio para T1 y T2 a lo largo de las 13 semanas experimentales

A diferencia del porcentaje de lactosa, los kilos de esta presentaron mayor diferencia significativa entre tratamientos, se ve que en la semana 2 no ocurrió eso ($P=0,06$), pero sí de la 3 a la 5 ($P<0,05$), en donde T2 superó a T1 para pasar de la 6 a la 9 en donde no se encontraron diferencias entre ambos tratamientos y si de la 10 ($P=0,003$), a la 13 en donde el T1 fue mayor que T2.

En todas las semanas de lactación hubo interacción tratamiento por semana. Si se analiza ambos tratamientos a lo largo de todo el período analizado en kilogramos se puede observar como el T1 presenta un crecimiento significativo entre semanas, pasando de 1,4 kg en la semana 2 a 1,9 en la 13 y sólo disminuyó en la semana 9 y en menor medida en la 11. En cambio, T2 se ve como desde la semana 3 hasta la 8 es casi constante, alcanzando su máximo valor en la semana 3 con 1,7 kg y luego comienza un descenso de los kilos de lactosa hasta un valor de 1,5 en la semana 13.

4.5. CONDICIÓN CORPORAL Y PESO VIVO

Durante el posparto la CC no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P=0,24$) pero sí hubo interacción semana por tratamiento ($P=0,002$), sobre la CC. Cuando se analiza semana a semana posparto, se observa que a partir de la

semana 11 se empezaron a dar diferencias significativas ($P < 0.03$ y $P < 0,003$ semana 11 y 13 respectivamente) entre tratamientos.

Para ambos tratamientos la CC tendió a presentar un comportamiento similar durante el período experimental. Luego del parto se observó una disminución de la CC para las vacas de ambos tratamientos, con una caída más pronunciada por parte de las vacas T2 respecto a las T1. A partir de la semana 5 las vacas T1 presentan una tendencia a mejorar su CC, con un aumento progresivo de la misma. Esta situación se retrasa en las vacas T2 las cuales continúan movilizandore reservas hasta la semana 8. A partir de ahí si bien siguen perdiendo CC, lo hacen a una tasa menor hasta la semana 13. En términos globales la CC promedio para el período fue de $2,66 \pm 0,1$ vs. $2,63 \pm 0,11$ para vacas T1 y T2 respectivamente, es decir un valor promedio de CC similar.

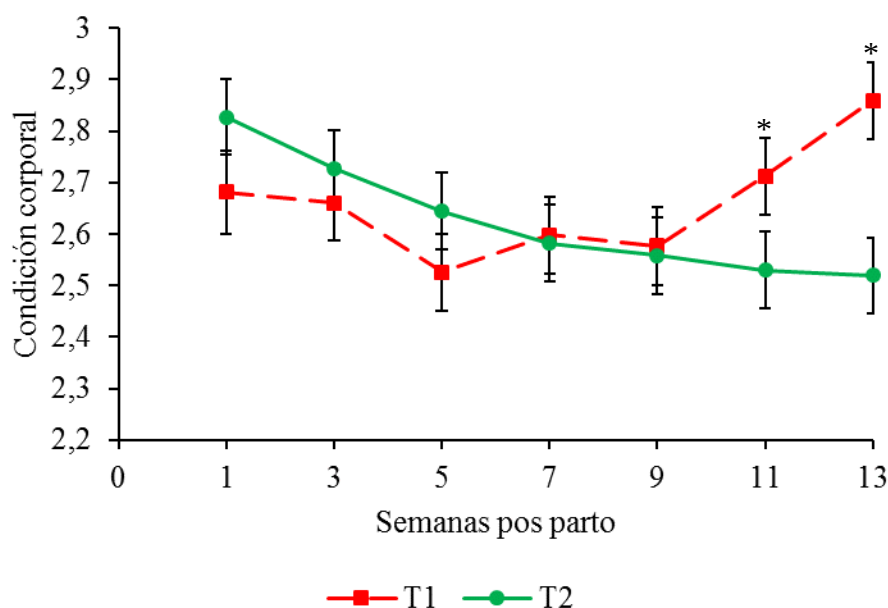


Figura 8. Evolución de la CC desde el parto hasta la semana 13 de lactación para ambos tratamientos

Durante el posparto la variable PV sólo presentó diferencias significativas entre tratamientos en la semana 1 y 13, a su vez presentó una interacción entre la semana posparto y los tratamientos ($P < 0,0002$). Como se puede observar en la gráfica 9, las vacas de ambos tratamientos presentaron una disminución del PV que acompañó la caída de la CC hasta la semana 4. A partir de la semana 5 las vacas T1 comienzan a ganar PV y lo hacen durante el resto del período en estudio. Sin embargo, las vacas T2 tienen un comportamiento diferente ya que presentan una tendencia a mantener su PV.

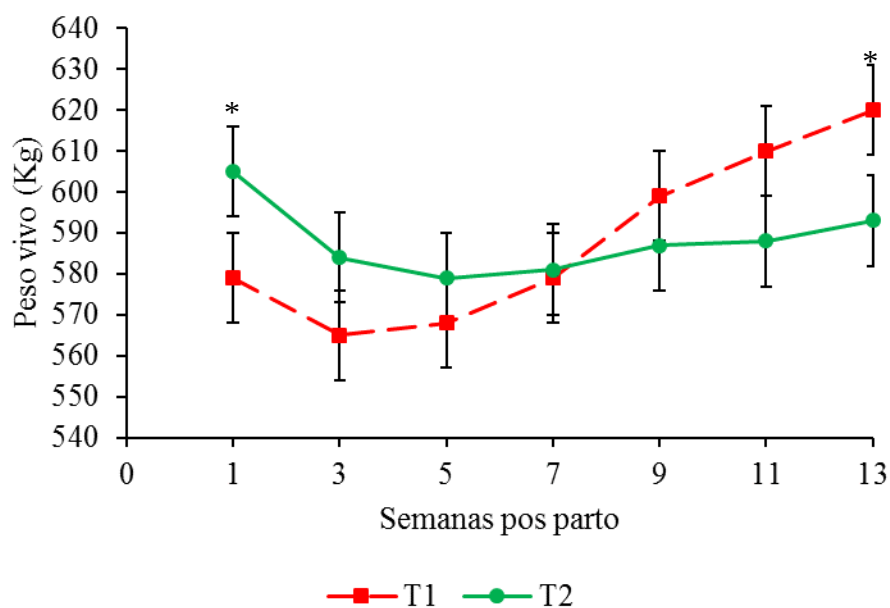


Figura 9. Evolución del PV desde el parto hasta la semana 13 de lactación para ambos tratamientos

El comportamiento general de la variable PV presentó valores levemente mayores hasta la semana 6 para vacas del T2 respecto a las vacas del T1, situación que se invierte a partir de la semana 7 siendo más notoria la diferencia al finalizar el período en estudio, en donde T1 supera a T2 (620 y 593kg respectivamente). En promedio los PV fueron de 589 ± 20 vs. 588 ± 8 kg para T1 y T2 respectivamente, mostrando una mayor variabilidad de PV en T1.

5. DISCUSIÓN

5.1. CLIMA

La variable climática no afectó el confort animal ya que se estima que cuando la temperatura máxima se encuentra en un rango de 21 – 27°C la producción disminuye ligeramente, mientras que por encima de los 27°C el ambiente es estresante para los animales, y se da una disminución mucho más marcada de la producción (Valtorta y Gallardo, 1996).

El ITH promedio para el período de análisis fue inferior al crítico para la producción de leche (Johnson et al., 1961), el cual se encuentra en el nivel normal de las categorías de estrés calórico según la magnitud del ITH (Livestock Weather Safety Index, citado por Nienaber y Hahn, 2007). Si bien el valor crítico de ITH establecido por Johnson et al. (1961), es utilizado como referencia, trabajos recientes sugieren valores críticos inferiores para vacas de alta producción.

5.2. COMPOSICIÓN DE LA DIETA

La composición química de los alimentos utilizados en los tratamientos del presente trabajo respecto a las utilizadas en la bibliografía consultada, presentan diferencias siendo el porcentaje de PC de la DTM la más notoria y que tendrá un impacto en el consumo, la producción y composición de la leche, el cual será tratado más adelante. En cuanto a la PC de la pastura, si bien esta presenta diferencias a favor de la utilizada como referencia, los niveles de PC son mayores, encontrándose en rangos aceptables para la producción.

En lo que respecta a la proporción de MS en la DTM, se puede considerar que los mayores valores encontrados de referencia respecto a la suministrada propiciaron el mayor CMS, debido a que valores superiores al 50% de MS maximizan el consumo animal (Chase, 1979). A su vez se puede inferir que la energía aportada por la pastura en el presente trabajo fue levemente inferior respecto a la referencia, explicado por un mayor contenido de FDA (28,7%) que estaría afectando la digestibilidad de la energía proveniente de la festuca (Van Soest, 1994). Si bien no se registraron casos de acidosis en las vacas T1, los valores de FDA de la DTM estuvieron al límite de los establecidos por NRC que sugiere un valor de 21% por debajo del cual comienza a incrementar el riesgo de acidosis.

5.3. CONSUMO, PRODUCCIÓN, COMPOSICIÓN Y ENERGÍA

Los datos observados difieren con la bibliografía nacional e internacional, donde los mayores consumos de MS se alcanzaron en animales alimentados con 100% DTM respecto a los que fueron alimentados con pasturas (Kolver y Muller, 1998), o que combinaron DTM y pasturas en diferentes proporciones (Bargo et al. 2002b, Vibart et al. 2008, Fajardo 2015). El consumo de DTM estimado fue menor al observado en la bibliografía, $22,3 \pm 1,9$ vs. $25,4 \pm 1,2$ kg MS/vaca/día. Contrario a esto, el consumo de pastura fue mayor $16,2 \pm 0,8$ vs. 10 ± 5 a excepción de Kolver y Muller (1998), los cuales reportaron valores superiores de consumo de pasturas. Cabe destacar que los tratamientos que incluían pasturas en la bibliografía consultada presentaban variaciones en la hora de acceso a la pastura (am/pm) y/o el tiempo de pastoreo, así como combinaciones pastura + DTM en diferentes cantidades, lo que conlleva a distintas relaciones de forraje/concentrado.

Referido a la producción de leche, los resultados coinciden con Soriano et al. (2001), en donde el tratamiento DTM no presenta diferencias significativas con el tratamiento DTM (am) + PAS (pm), sin embargo se encontró diferencia con el tratamiento DTM (pm) + PAS (am), en donde estaría explicado por la diferencia en la calidad de la pastura siendo inferior en la mañana (menores carbohidratos solubles/gramos de MS) y por el comportamiento de los animales en los diferentes horarios del día, logrando capitalizar un mayor consumo de forraje en la tarde. Resultados similares fueron reportados por Vibart et al. (2008), en donde el DTM1 no presenta diferencia significativa con el DTM + PASTURA1. A su vez los restantes trabajos muestran la producción del tratamiento DTM o testigo por encima del pastoreo con suplementación.

Para la grasa se encontró similitud con la mayor parte de la bibliografía en donde no se encuentran diferencias significativas tanto en porcentaje como en kilogramos exceptuando Kolver y Muller (1998), donde el DTM superó al DTM + 9hs PAS y Bargo et al. (2002b), en donde el tratamiento DTM superó al PAS + CONC tanto en porcentaje como en kilogramos. A su vez la proteína en kilogramos, así como porcentaje también se encontró similitud con la bibliografía en donde el tratamiento DTM no presenta diferencia significativa al tratamiento que incluye pastura como es el caso de Soriano et al. (2001), Vibart et al. (2008), Mendoza et al. (2012), Fajardo (2015), exceptuando este último en el cual sólo presentó diferencias a favor de la DTM para los kilogramos. Sin embargo, la lactosa sólo se puede comparar con los dos trabajos nacionales, ya que esta variable no se tuvo en cuenta para el análisis de componentes de la leche en los trabajos internacionales. Se puede observar la coincidencia con Mendoza et al. (2012), en donde no se encuentran diferencias significativas entre tratamientos ya sea para porcentaje como para kilogramos de lactosa, a diferencia de Fajardo (2015), en el cual coincide en el porcentaje sin diferencias significativas, pero sí en los kilogramos en donde en su trabajo el tratamiento DTM superó al DTM + 9hs de PAS.

Esto generó la pregunta de si las diferencias observadas en el CMS, producción y composición de leche del presente trabajo respecto a las observadas en la bibliografía realmente corresponden a desempeños iguales por parte de los animales de ambos tratamientos (T1 y T2), o si existieron factores que pudieron estar afectando las variables en estudio. Para responder esta inquietud en los párrafos siguientes se detallarán las variables ya mencionadas y como interactuaron estas con limitaciones encontradas en el experimento.

Para el primer período de mediciones (S6), se pudo constatar una situación de restricción del consumo, ya que el rechazo observado fue cero, por ende, los animales no se encontraban consumiendo *ad libitum*. Dado esto, el pico de producción se retrasó hasta la semana 8 (figura 1), como respuesta a la menor oferta de MS lo que estaría subestimando el desempeño de los animales, ya que es de esperar un aumento en el consumo y por consiguiente en la producción de leche con vacas consumiendo *ad libitum*. A su vez las condiciones estresantes durante el posparto inmediato debido al parto en sí, la adaptación de las vacas al encierro, una nueva dieta y reestructuración de los lotes generando nuevas estructuras sociales, generan cambios conductuales en los animales que repercuten en el CMS y la productividad, agravándose aún más cuando se da una restricción en el consumo por una menor disponibilidad de alimento (Grant et al. 1995, Von Keyserlingk 2008).

Por otra parte, la PC de la DTM, estuvo por debajo del requerido para vacas de alta producción, 16-17% según Satter (1975) y a los reportados por la bibliografía consultada ($16,7 \pm 1,5\%$ PC/kgMS). La concentración de proteína en dieta de vacas lecheras tiene un efecto sobre la digestibilidad de la misma en un amplio rango (Oldham, 1984). Cuando la proteína de la dieta es deficitaria, la digestión de la MS se ve limitada debido a un menor crecimiento y actividad microbiana, principalmente la flora celulolítica (demandante específica de NH_4 , Hoover, 1986), por lo tanto, la depresión del consumo se estaría explicando por mecanismos físicos al limitar la tasa de pasaje (Mertens, 1994). Es decir que variando el aporte proteico de la dieta se puede variar la digestibilidad de la MS y sus componentes (Allen, 2000). Al disminuir la digestibilidad de la energía de la dieta, y por ende su disponibilidad, se ven afectados los precursores de la proteína y lactosa en leche. Oldham (1984), reportó que el incremento marginal de la digestibilidad de la dieta al aumentar el contenido porcentual de PC de la dieta se hace menor por encima de 15% de PC en la dieta, pero la respuesta sigue siendo positiva con niveles de PC en la dieta superiores a 20%. Por lo expuesto anteriormente se puede inferir que el contenido proteico de la DTM fue deficitario y este afectó de forma negativa el consumo, la producción y composición de la leche, pudiéndose haber logrado un mejor desempeño con niveles mayores de PC en la DTM.

Para el segundo período de medición (S11), la cantidad de alimento ofrecido aumentó y las vacas se encontraban consumiendo *ad libitum*, aunque fue muy variable entre corrales observándose un rechazo de $13\% \pm 9$. A su vez aumentó la proporción de

concentrado el cual mejoró el aporte de PC y de carbohidratos de fácil degradabilidad, lo cual tuvo un efecto sobre la digestibilidad de la energía, aumentando su disponibilidad. Por esta razón es de esperar que no hubiera una restricción del CMS, pero el porcentaje de PC de la dieta continúa por debajo del requerido de los animales, pero con una mejora respecto a S6. Esto generó una respuesta directa en el contenido de proteína en leche, a través de un incremento en el principal precursor de la proteína a nivel ruminal, el ácido propiónico. Al aumentar la PC de la dieta y digestibilidad de la energía consumida se incrementa la proteína microbiana a nivel ruminal, y un aumento de amoníaco. Un incremento en la energía ya sea por mayor concentración de propiónico o glucosa en sangre incrementa la capacidad de formar proteína en la glándula mamaria mediante la captación de aminoácidos circulantes en sangre y al incremento de proteína microbiana, fuente de aminoácidos absorbidos en el intestino.

Para la lactosa cabe mencionar que al compartir el mismo precursor que la proteína, esta tendió a presentar un comportamiento similar a la proteína en leche, encontrándose una relación positiva entre la digestibilidad de la energía y la producción de lactosa.

Para la grasa en el T1 en la figura 2 y 3 es notorio apreciar la baja producción que presentó el tratamiento a lo largo de las 13 semanas. Esto estaría explicado por más de un factor ocurriendo simultáneamente. Cuando la proporción de concentrado o carbohidratos de fácil degradabilidad ruminal excede el 60% de la dieta desencadenan una serie de modificaciones a nivel energético, alterando un cambio en los productos terminales de la fermentación ruminal. Es decir que según esto, se debió modificar el ambiente ruminal, presentar un descenso en el pH, así como las concentraciones de los ácidos acéticos y butíricos y un incremento del propiónico. Generando un mayor pasaje de almidón al intestino y de glucosa en sangre, la cual aumenta las concentraciones de insulina, generando la síntesis de grasa y disminuyendo la movilización de reservas. En la sangre disminuyen todos los precursores de la grasa (ácido acético, butírico y los ácidos grasos no esterificados) y por consiguiente menor producción de grasa en la glándula mamaria. Esta teoría se la conoce como el síndrome de "low fat milk", la cual a su vez coincide con los datos aportados en el trabajo de García-Roche et al. (2018), en el cual muestra los valores de acetilación (modificación postraducciona conocida por su impacto sobre las proteínas del metabolismo energético) de las vacas para este tratamiento en los días (-14, +35, +60 y +114 DPP). Si bien la primer y última fecha están fuera del presente trabajo, sirven para comprender que este tratamiento no presentó aumento alguno en ese período. A su vez por presentar una alta correlación positiva con los niveles de cuerpos cetónicos en sangre y el contenido de triglicéridos en el hígado avala la teoría de "low fat milk". También si se observan los PV de los animales se puede observar como los mismos no sólo nunca perdieron peso, sino que aumentaron en ambos períodos, pasaron de 580 kgPV en S6 a 618 kgPV en S11.

Otro factor a tener en cuenta puede ser la presencia de acidosis subclínica, si bien no se presentaron síntomas de la misma, el tipo de alimento y los valores de FDA indican que los animales se encontraban en el límite de la misma. En el caso de que hubiera existido, no hubiera representado un problema serio ya que no presentaron síntomas visibles, pero sí modificaciones a nivel ruminal en el cual el pH del mismo estuviera por debajo del óptimo (5,5 a 5,9), de las bacterias celulolíticas, disminuyendo las concentraciones de los precursores de la grasa y a su vez generando un efecto depresor sobre el consumo de MS.

Por otra parte, se encontró que si bien el ITH promedio estimado, para el período en estudio se encontró por debajo del crítico, $ITH \geq 72$ (Johnson et al., 1961), recientemente se ha sugerido que animales de alta producción (Berman, 2005) y en lactancia temprana (Kadzere et al., 2002), serían más sensibles al estrés por calor y por tanto el ITH crítico podría ser inferior a 72 (ITH crítico: 68; Zimbelman et al., 2009).

Analizando de forma más detallada el segundo período de determinaciones se encontró que el ITH promedio fue de 69 ± 7 , y que acentuado por un efecto de la estructura del encierro, se estaría propiciando una condición de estrés calórico. Esto conllevaría a un efecto negativo sobre el consumo voluntario de MS ya que el incremento calórico debido a la alimentación, especialmente en rumiantes, es una parte importante de la producción de calor total, y por esta razón los animales disminuirían el consumo voluntario en un esfuerzo por producir menor calor metabólico (Kadzere et al., 2002). A su vez se dan cambios en la partición de nutrientes que eran destinados a la producción y pasan a ser utilizados para mantener la termo neutralidad y la homeostasis durante el estrés por calor, generando una disminución en la producción de leche y alterando sus componentes dependiendo de la magnitud del estrés.

Resumiendo lo anterior, fueron detectadas en las vacas T1 tres limitantes: restricción del consumo, proteína deficitaria de la dieta, acidosis subclínica y condición de estrés calórico. Todas estas tienen un impacto negativo en el CMS e implicancias a nivel de producción

Para el tratamiento 2, la disponibilidad de la pastura en el presente trabajo no actuó como factor limitante del consumo, ya que los valores estimados 2095 ± 603 y 2292 ± 756 kg MS/ha para S6 y S11 respectivamente son considerados como no limitantes. El forraje consumido (kgMS/vaca/día) fue superior a los reportados por Bargo et al. (2002b), 16 vs. 13 kgMS e inferior al reportado por Kolver y Muller (1998), 19 vs. 16 kgMS. Cabe destacar que este último no tenía suplementación, aunque la calidad de la pastura fue superior 25,1 vs. 15,5; 1,65 vs. 1,47; 43,2 vs. 52,8 y 22,8 vs. 28,7 para porcentaje de PC, ENL Mcal/kg MS, % FDN, % FDA respectivamente, lo que podría estar explicando parte de la superioridad en consumo de forraje.

La producción de leche de T2 presentó una curva tradicional de lactación para el primer tercio de lactancia (figura 1) en donde la curva comienza a caer a partir de la semana 8 coincidiendo con una disminución en la calidad de la dieta (disminución del 10% de la energía consumida/animal), pero sin afectar el consumo.

La eficiencia de conversión por parte del animal fue de 2 y 1,8 kg de leche por kg MS de festuca consumida para S6 y S11 respectivamente. Esta diferencia en la eficiencia está dada por el consumo de EM, la cual disminuyó un 10% de S6 a S11 (50,75 vs. 45,79 Mcal de EM). Dicha disminución de energía se explica por una caída del 12% (0,25 Mcal/kg MS) del aporte de EM proveniente de la pastura por un cambio en su composición química producto del avance en el estado fenológico y un efecto de estrés hídrico (ver cuadro 4), afectando la calidad de la misma, conllevando a una disminución del 7,5% en los kilogramos de leche producidos.

La asignación de forraje de 30 kgMS/vaca/día no varió entre S6 y S11, pero la calidad de la oferta difirió entre ambos períodos, siendo esta una dificultad típica en los sistemas de producción con base pastoriles (Chilibroste et al., 2002), lo cual trae aparejado una menor ingesta de nutrientes que son limitantes y con lo cual el potencial de producción de leche no se expresa totalmente (Kolver y Muller, 1998).

Por otra parte, se vieron alteraciones en los componentes de la leche. Para la grasa (figura 2 y 3), con una dieta forrajera y concentrado (75 y 25% respectivamente), se observa dos etapas, la primera hasta la semana 6, que se debe básicamente al tipo de alimento (festuca), y su composición química. El forraje fermentado a nivel ruminal sirve de sustrato para las bacterias celulolíticas, quienes son las encargadas de producir los ácidos acético y butírico, precursores de la grasa. García-Roche et al. (2018), en conjunto con el presente trabajo, reportó que los niveles de acetilación presentaron un aumento en lactancia temprana para este tratamiento, por consiguiente, un incremento de los cuerpos cetónicos en sangre y triglicéridos en el hígado, ambos precursores de la grasa a nivel de la glándula mamaria. Para la proteína (figuras 4 y 5) presentó un comportamiento similar a la grasa explicado por la calidad del forraje en donde el mismo aporta los niveles necesarios para la producción de propiónico a nivel ruminal. A su vez la producción de lactosa (figuras 6 y 7) se vio afectada en las vacas T2 respecto a las T1 por una disminución en el aporte de energía de la pastura, siendo este el principal precursor de la misma, debiéndose su producción básicamente a la glucosa sintetizada en el hígado a partir del propionato generado en la fermentación ruminal. Luego de la semana 6 la pérdida de la calidad de la festuca llevó a un descenso en la energía aportada por la pastura y en la PC con un valor de 12% para la semana 11. Si bien el consumo no disminuyó se mantuvo constante, este menor consumo de energía y de proteína generó una menor actividad por parte de las bacterias celulolíticas y una menor degradabilidad de la festuca, repercutiendo en menores precursores de grasa y de proteína. El ácido propiónico es la fuente de energía en la formación de proteínas y por tratarse de una dieta rica en fibra la relación acético-butírico/propionato será aún mayor por eso de

antemano se encontrará restringida su producción. A su vez si disminuye el aporte energético de la pastura disminuye más la capacidad de formar ácido propiónico. También al disminuir el contenido de PC y energía de la festuca, disminuyó la capacidad de generar proteína microbiana, fuente de aminoácidos absorbidos en el intestino que circularían en sangre y serían captados por la glándula mamaria para formar la proteína. A su vez repercutió en un menor aporte de EM (Mcal/kgMS) con una consecuente disminución en los kilogramos de lactosa debido a la menor concentración de su precursor. También se pudo observar la relación inversa que presenta con el contenido de FDN, en donde desde S6 a S11 baja el contenido de lactosa y se incrementa el de FDN.

Como se puede ver en el cuadro 9, la demanda de energía del T1 fue inferior a la consumida por las vacas, lo que resulta en una diferencia de 8,2 y 7,3 Mcal/día para el período 1 y 2 respectivamente. La diferencia entre energía consumida y energía requerida (15%), de las vacas T1, se puede explicar en base a distintas fuentes de variación en este experimento: 1) subestimación de la EMm requerida, 2) estrés calórico, 3) porcentaje de PC y 4) errores inherentes al método de determinación del consumo de MS de DTM.

Se considera que la estimación de requerimientos de EMm de este tratamiento puede haber sido subestimada debido a que las condiciones ambientales de los encierros utilizados en este experimento no concuerdan con las condiciones en las que fueron formulados los estándares de requerimientos de mantenimiento (NRC, 2001).

Para el cálculo se asumió un ambiente termo neutro donde las vacas no padecían una condición de estrés ambiental. Aunque, si bien el análisis climático arrojó valores mensuales de ITH por debajo del crítico, existieron días donde los valores de ITH se situaron por encima del valor crítico, $ITH > 72$ (Johnson et al., 1961), afectando la performance animal. A su vez, la ubicación y diseño del tinglado presentaron algunas limitantes que dificultaron el pasaje de las corrientes de aire que fomentan la disipación del calor por pérdidas sensibles (radiación, conducción, convección), pasando a tener mayor relevancia el mecanismo termo regulatorio de evaporación, el cual implica un gasto energético extra, al igual que los cambios fisiológicos asociados (aumento en la tasa de respiración, pulso, sudoración y vasodilatación). Todos estos factores ocasionan estrés y generan un aumento significativo en los requerimientos energéticos para mantenimiento que se ha sugerido es de 15% (NRC, 1981).

Por otra parte, el aporte deficitario proteico en la DTM tiene implicancias negativas en la digestibilidad de la energía, haciendo que el verdadero aporte energético que queda disponible para el animal difiera en mayor medida de la energía consumida. Tyrrell et al. (1981), observaron un aumento de 0,4 a 0,6 en la digestibilidad de la energía al aumentar el porcentaje de PC de 10,8 a 15 % en vacas lactantes, por lo cual se puede inferir que a niveles de PC más altos en la DTM suministrada en el experimento

podrían haberse traducido en un mejor aprovechamiento de la energía consumida por parte de los animales.

La diferencia restante podría estar dada por errores inherentes al método de estimación del consumo de MS a través de la oferta – rechazo individual de DTM. Este error se debe a la imposibilidad de cuantificar el alimento que es arrojado al piso por los animales y se mezcla con los chips de madera. Para esto se asumió un desperdicio del 20% en el segundo período, pero lo cierto es que se desconoce si este no pudo haber sido mayor (o menor), y estar subestimando el CMS y energía. Si se asume que esta fuente de variación explica la diferencia que permanece entre energía consumida y energía demandada (cuadro 9), las pérdidas inherentes al sistema de alimentación serían del 30 % para obtener un balance de energía cero.

Por otra parte, la metodología empleada para el cálculo del consumo de las vacas T2 a partir del requerimiento energético, no nos permite saber si existió alguna fuga de energía (ineficiencia), que se haya destinado a otra actividad que no sea mantenimiento, producción y ganancia. Pero se podría destacar que la energía aportada por el suplemento (15,8 Mcal/vaca/día) permitió cubrir los requerimientos de mantenimiento y la producción de 4 kg de leche por día. El requerimiento de energía restante para la producción provino de la pastura.

La energía requerida para mantenimiento de las vacas T2 fue 10% mayor al de las vacas T1, debido al efecto combinado del gasto de energía inherente a las acciones de caminar y pastorear (cosecha de forraje), ya que se considera que la actividad de rumia y de echarse y levantarse no difieren de los animales en confinamiento (Havstad y Malechek, Holmes, Graham, Lockyer, McLean, Mc Osuji, citados por Di Marco y Aello, 2003). Este gasto del 10% extra está dentro del rango propuesto por Di Marco y Aello (2003), estableciendo que en pasturas de buena disponibilidad el gasto extra de energía por concepto de actividad de pastoreo es bajo, variando entre 8 y 12% (Di Marco y Aello, 2003).

5.4. CONDICIÓN CORPORAL Y PESO VIVO

Como se puede observar en la figura 8, ambos tratamientos presentaron una caída de la CC la cual se considera como un proceso fisiológico normal, debido a que la vaca moviliza reservas corporales durante el posparto temprano para cubrir parcialmente las demandas de energía para la producción de leche NRC (2001). A su vez, se observó que la pérdida de CC fue mayor en las primeras semanas posparto, siendo en la semana uno cuando se da la movilización de reservas más alta, disminuyendo luego durante el progreso de la lactancia (Tamminga et al., 1997).

A partir de la semana 5, las vacas T1 presentan una tendencia a mejorar su CC, con un aumento progresivo de la misma, lo cual estaría indicando el cese de la movilización de reservas corporales. Esta situación se retrasa en las vacas T2 las cuales continúan movilizando reservas hasta la semana 8.

La disminución inicial de la CC en el posparto temprano considerada como un proceso fisiológico normal según NRC (2001), también fue comprobada por Meikle et al. (2004), quienes variando la CC al parto ($CC > 3$ y $CC < 3$) y la paridad (primíparas vs. multíparas), observaron una pérdida de CC en el posparto temprano de todas las vacas. Esta varió en su magnitud siendo mayor en vacas primíparas, pero con una recuperación de la CC más rápida que vacas multíparas, y en vacas con $CC > 3$ se dio una mayor pérdida de CC con respecto a las vacas con $CC < 3$.

6. CONCLUSIONES

Los resultados productivos de este trabajo no presentaron diferencias significativas entre las distintas estrategias de alimentación, pero no es posible aceptar la hipótesis principal debido a las condiciones que se dieron en el T1, las cuales pudieron estar enmascarando el verdadero potencial de las vacas estabuladas.

Se puede lograr consumos de 16 kgMS/vaca/día en pasturas con ofertas de 30 kgMS/vaca/día en lactancia temprana en donde el nivel de suplementación con concentrado generó un efecto de sustitución y adición sobre el consumo de pastura y el consumo total. Esto tiene un impacto muy importante en el costo de alimentación si se comparan ambas estrategias de alimentación.

7. RESUMEN

El experimento se realizó en los meses de agosto a noviembre 2015, en la Estación Experimental M. A. Cassinoni, Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. El objetivo principal fue evaluar el efecto de dos estrategias de alimentación en términos de consumo de materia seca, cantidad y composición de producto obtenido en vacas Holando multíparas de parición primaveral en el primer tercio de lactancia. Para eso se trabajó con 24 vacas (664 ± 65 kg PV y $3,0 \pm 0,4$ de CC), en un diseño en bloques completos al azar durante lactancia temprana (92 DPP.). Al parto las vacas fueron asignadas a dos tratamientos: por un lado (T1) las vacas eran manejadas en encierro, alimentadas 100 %DTM ($44,3 \pm 2,5\%$ MS, $11,4 \pm 2,2\%$ PC, $35 \pm 3,4\%$ FDN, $21,4 \pm 2,3\%$ FDA, EM $2,57 \pm 0,07$ Mcal/kgMS) *ad libitum*. Por otro lado (T2) constaba de vacas manejadas en pastoreo de festuca ($25,4 \pm 0,24\%$ MS, $15,6 \pm 2,64\%$ PC, $52,8 \pm 2,58\%$ FDN, $28,7 \pm 2,15\%$ FDA, EM Mcal/kgMS $1,98 \pm 0,25$; asignación de forraje 30 kgMS/vaca/día; parcelas semanales; 07:00 a 13:00 y 17:00 a 04:00) y 5,4 kgMS de concentrado comercial (PC: 16,9%; ENL: 1,8 Mcal/kgMS) suficiente para cubrir los requerimientos de mantenimiento. Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día, y se determinó producción de leche diariamente y su composición semanalmente. El PV. y la CC. fueron registrados cada dos semanas. El consumo de DTM. fue estimado por oferta y rechazo, y el de pastura por diferencia en función a los requerimientos de energía para mantenimiento y producción. No se encontró diferencias significativas entre las vacas T1. y T2. para consumo ($22,31 \pm 1,92$ vs. $21,7 \pm 0,87$ kgMS), producción ($33,7 \pm 3,9$ vs. $33,4 \pm 1,4$ kgMS), así como tampoco se encontró diferencias en el porcentaje de grasa, proteína y lactosa ($2,8 \pm 0,4$ vs. $3,4 \pm 0,3$; $3,3 \pm 0,05$ vs. $3,1 \pm 0,14$; $5,1 \pm 0,07$ vs. $5 \pm 0,07$), ni en los kilogramos ($0,8 \pm 0,04$ vs. $1,1 \pm 0,12$; $1,1 \pm 0,13$ vs. $1 \pm 0,06$; $1,7 \pm 0,2$ vs. $1,6 \pm 0,08$). No hubo efecto del tratamiento ($P > 0,05$) sobre el PV. y CC, sin embargo, las vacas T1. tendieron a presentar mayor CC y PV respecto a las vacas T2. A su vez estas tuvieron mayores requerimientos energéticos de mantenimiento (10%) respecto a las vacas T1, ocasionado por las actividades de pastoreo y la mayor distancia recorrida. Los resultados logrados en los tratamientos no nos permiten asegurar iguales desempeños en ambas estrategias de alimentación debido a las limitantes detectadas, pero se destaca los altos consumos de MS. de festuca logrados, que como es sabido, repercuten fuertemente en el resultado económico de los sistemas lecheros.

Palabras clave: Holando; Parición primavera; DTM; Pastoreo.

8. SUMMARY

The experiment took place in the months of August to November 2015, in the Experimental Station M. A. Cassinoni, Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay. The main objective was to evaluate the effect of two feeding strategies in terms of dry matter intake, quantity and composition of product obtained in multiparous Holstein cows of spring calving in the first third of lactation. For this, 24 cows (664 ± 65 kgBW and 3.0 ± 0.4 BCS) were used in a randomized complete block design during early lactation (92 DPP). At calving the cows were assigned to two treatments: treatment 1 (T1) the cows were handled in confinement, fed 100% TMR ($44.3 \pm 2.5\%$ DM, $11.4 \pm 2.2\%$ CP, $35 \pm 3.4\%$ NDF, $21.4 \pm 2.3\%$ FDA, EM 2.57 ± 0.07 Mcal/kgDM) *ad libitum*. Treatment 2 (T2) consisted of cows managed in fescue grazing ($25.4 \pm 0.24\%$ DM, $15.6 \pm 2.64\%$ CP; $52.8 \pm 2.58\%$ NDF; $28.7 \pm 2.15\%$ ADF; EM Mcal/kgDM 1.98 ± 0.25 ; herbage Allowance 30 kgDM/cow/day, weekly plots, 07:00 to 13:00 and 17:00 to 04:00) and 5.4 kgDM of commercial concentrate (CP: 16.9%; ENL: 1.8 Mcal/kgDM) sufficient to cover the maintenance requirements. The cows were milked twice a day, and milk production was determined daily and its composition weekly. The BW and the BCS were registered every two weeks. The intake of TMR was estimated by offered and rejection, and that of pasture by difference according to the energy requirements for maintenance and production. No significant differences were found between T1 and T2 cows for offered (22.31 ± 1.92 vs. 21.7 ± 0.87 kgDM), production (33.7 ± 3.9 vs. 33.4 ± 1.4 kg), as well as no differences in the percentage of fat, protein and lactose (2.8 ± 0.4 vs. 3.4 ± 0.3 ; 3.3 ± 0.05 vs. 3.1 ± 0.14 ; 5.1 ± 0.07 vs. 5 ± 0.07), nor in kilograms (0.8 ± 0.04 vs. 1.1 ± 0.12 ; 1.1 ± 0.13 vs. 1 ± 0.06) 1.7 ± 0.2 vs. 1.6 ± 0.08). There was no effect of the treatment ($P > 0.05$) on the BW and BCS, however the T1 cows tended to present higher BCS and BW respect to the T2 cows. At the same time, they had higher energy maintenance requirements (10%) compared to T1 cows, caused by grazing activities and the greatest distance traveled. The results achieved in the experiment do not allow us to assure equal performance in both feeding strategies due to the detected limitations, but the high consumptions of fescue DM achieved, which as is known, have a strong impact on the economic result of the dairy systems.

Keywords: Holstein; Spring calving; TMR; Pasture.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Adrien, M. L.; Mattiauda, D. A.; Artegoitia, V.; Carriquiry, M.; Motta, G.; Bentancur, O.; Meikle A. 2012. Nutritional regulation of body condition score at the initiation of the transition period in primiparous and multiparous dairy cows under grazing conditions: milk production, resumption of post-partum ovarian cyclicity and metabolic parameters. *Animal*. 6(2): 292 - 299.
2. Allen, M. S. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forrages by ruminants. *Journal of Animal Science*. 74: 3063-3075.
3. _____. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 83: 1598-1624.
4. Allison, C. D. 1985. Factors affecting forrage intake by range ruminants: a review. *Journal of Range Management*. 38(4): 305-311.
5. AOAC (Association of Analytical Chemists, US). 1996. Official Methods of Analysis: 9320.02. 16th.ed. Washington, D. C. pp. 26-29.
6. Bachman, K. C.; Wilfond, D. H.; Head, H. H.; Wilcox, C. J.; Singh, M. 1992. Milk Yields and Hormone Concentrations of Holstein Cows in Response to Somatostatin (Somatotropin) Treatment During the Dry Period. *Journal of Dairy Science*. 75(7): 1883-1890.
7. Bargo, F. 2002a. Feeding systems combining pasture with concentrate and total mixed rations for high producing dairy cows. PhD. Thesis. Pennsylvania, USA. Pennsylvania State University. 311 p.
8. _____.; Muller, L. D.; Delahoy, J. E.; Cassidy, T. W. 2002b. Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*. 85: 2948 - 2963.
9. _____. 2003. Suplementación en pastoreo: conclusiones sobre las últimas experiencias en el mundo. (en línea). s.l., Universidad Nacional de Córdoba. 21 p. Consultado 22 jun. 2007. Disponible en <https://www.agro.uba.ar/sites/default/files/catedras/bargo.pdf>
10. Bermnas A. 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *Journal of Animal Science*. 83: 1377 - 1384.

11. Bines, J. A. 1976. Regulation of food intake in dairy cows in relation to milk production. *Livestock Production Science*. 3: 115 - 128.
12. Blum, S.; Heller, E. D.; Krifuck, S. 2008. Identification of a bovine mastitis *Escherichia coli* subset. *Veterinary Microbiology*. 132: 135 - 148.
13. Broster, W. H.; Broster, V. J.; Clements, A. J. 1993. Feed utilization by the dairy cow over multiple lactations: a review. *Livestock Production Science*. 34: 1-21.
14. Buckley, F.; Dillon, P.; Crosse, S.; Flynn, F.; Rath, M. 2000. The performance of Holstein Friesian dairy cows of high and medium genetic merit for milk production on grass-based feeding systems. *Livestock Production Science*. 64: 107 - 119.
15. Bueno, V. F. F.; Mesquita, A. J.; Oliveira, A. N. 2008. Contagem bacteriana total do leite: relação com a composição centesimal e período do ano no Estado de Goiás, República do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*. 15: 40-44.
16. Butler, S. T.; Stankelum, G. K.; Murphy, J. J.; Delaby, L.; Rath, M.; O'mara, F. P. 2003. The relationship between milk production potential and herbage intake of grazing dairy cows. *Animal Science*. 77: 343 - 354.
17. Cangiano, C. A. 1996. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. In: Cangiano, C. A. ed. *Producción animal en pastoreo*. Balcarce, INTA. pp. 41-60.
18. Chase, L. E. 1979. Effect of high moisture feeds on feed intake and milk production in dairy cattle. In: *Cornel Nutrition Conference (41th, Ithaca, 1979). Proceedings*. Ithaca, New York State College of Agriculture and Life Sciences. pp. 52-56.
19. Chilibroste, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero; predicción del consumo. In: *Jornadas Uruguayas de Buiatría (26as., 1998, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados*. Paysandú, Centro Medico Veterinario de Paysandú. pp. 1-7.
20. _____. 1999. Grazing time: the missing link. A study of the plant-animal interface by integration of experimental and modeling approaches. PhD. Thesis. Wageningen, The Netherlands. Wageningen Agricultural University. 190 p.

21. _____.; Naya, H.; Urioste, J. I. 2002. Evaluación cuantitativa de curvas de lactancia de vacas holando en Uruguay. 3. Implicancias biológicas de las curvas de producción multifásica. *Revista Argentina de Producción Animal*. 22 (supl. 1): 358-359.
22. _____.; Gibb, M. J.; Tamminga, S. 2005. Pasture characteristics and animal performance. *In*: Dijkstra, J.; Forbes, J. M.; France, J. eds. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. 2nd. ed. Wallingford, CABI. pp. 681 - 706.
23. _____.; Soca, P.; Mattiauda, D. A. 2011. Balance entre oferta y demanda de nutrientes en sistemas pastoriles de producción de leche: potencial de intervención al inicio de la lactancia. *In*: *Jornadas Uruguayas de Buiatría (39as., 2011, Paysandú, Uruguay)*. Trabajos presentados. Paysandú, Centro Médico Veterinario de Paysandú. pp. 91 - 96.
24. _____.; _____.; _____. 2015. Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management; do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science*. 55(3): 328-338.
25. Delagarde, J. L.; Peyraud, L.; Delaby, P.; Faverdin. 2000. Vertical distribution of biomass, chemical composition and pepsin-cellulase digestibility in a perennial ryegrass sward: interaction with month of year, regrowth age and time of day. *Animal Feed Science and Technology*. 84: 49 - 68.
26. Dillon, P.; Hennessy, T.; Shalloo, L.; Thorne, F.; Horan, B. 2008. Future outlook for the Irish dairy industry: a study of international competitiveness, influence of international trade reform and requirement for change. *International Journal of Dairy Technology*. 61 (supl. 1): 16-29.
27. Di Marco, O.; Aello, M. S. 2003. Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo y su efecto en la producción. (en línea). Balcarce, Argentina, INTA. 6 p. Consultado 20 jun. 2007. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/01-costo_energetico_de_actividad_en_pastoreo_efecto.pdf
28. Edmonson, A. J.; Lean, I. J.; Weaver, L. D.; Farver, T.; Webster, G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 72: 68 - 78.

29. Fajardo, M. 2013. Integración de pastura y dietas totalmente mezcladas en la alimentación de vacas Holando a inicio de lactancia. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias opción Ciencias Animales. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 64 p.
30. _____.; Mattiauda, D. A.; Motta, G.; Genro, T. C.; Meikle, A.; Carriquiry, M.; Chilbroste, P. 2015. Use of mixed rations with different Access time to pastureland on productive responses of early lactation Holstein cows. *Livestock Science*. 181: 51 - 57.
31. Fisher, G. E. J.; Dowdeswell, A. M.; Perrot, G. 1996. The effect of sward characteristics and supplement type on the herbage intake and milk production of summer-calving cows. *Grass and Forage Science*. 51:116-120
32. Galli, J. R.; Cangiano, C. A.; Fernández, H. H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. Revisión bibliográfica. *Revista Argentina de Producción Animal*. 16(2): 119-142.
33. García-Roche, M.; Casal, A.; Mattiauda, D. A.; Jasinsky, A.; Carriquiry, M.; Quijano, C.; Cassina, A. 2018. Estrategia de alimentación y producción de energía a nivel celular. *In: Jornada Anual de Lechería (19as., Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 9 – 10.*
34. Gibb, M. J.; Huckle, C. A.; Nuthall, R.; Rook, A. J. 1999. The effect of physiological state (lactating or dry) and sward surface height on grazing behaviour and intake by dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science*. 63:269-287.
35. _____. 2006. Grassland management with emphasis on grazing behavior. *In: Elgersma, A.; Dijkstra, J.; Tamminga, S.eds. Fresh herbage for dairy cattle. s.l., Springer. pp. 141-157.*
36. Grant, R. J.; Albrightt. J. L. 1995 Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *Journal of Animal Science*. 73: 2791 - 2803.
37. Greenhalgh, J. F. D.; Reid, G. W.; Aitken, J. N.; Florence, A. E. 1966. The effects of grazing intensity on herbage consumption and animal production. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 67: 13 - 23.

38. Gutiérrez, L. E.; Rostagnol, R.Y.; Saravia, J. I. 2014. Consumo, comportamiento y ritmo de ingestión en vaquillonas alimentadas en base a una pastura templada y suplementadas a razón del 1% de peso vivo en diferentes frecuencias diarias. Tesis Doc. en Ciencias Vet. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 35 p.
39. Haydock, K. P.; Shaw, N. H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Animal Production Science*. 15(76): 663 - 670.
40. Hodgson, J. 1990. *Grazing management: science into practice*. London, UK, Longman. 203 p.
41. Holmes, C. W. 1987. Pastures for dairy cows. In: Nicol, A. M. ed. *Livestock Feeding on Pasture*. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 133 - 143 (Occasional Publication no. 10).
42. Holt, D. A.; Hilst A. R. 1969 Daily Variation in Carbohydrate Content of Selected Forage Crops. *Agronomy Journal*. 61(2): 239 - 242.
43. Hoover, W. H. 1986. Chemical factors involved in ruminal digestion. *Journal of Dairy Science*. 69(10). 2755 - 2766.
44. Illius, A. W.; Jessop, N. S. 1996. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. *Journal of Animal Science*. 74: 3052 - 3062.
45. Ingvarlsen, K. L. 1994. Models of voluntary food intake in cattle. *Livestock Production Science*. 39: 19-38.
46. Johnson, H. D.; Kibler, H. H; Ragsdale, A. C.; Berry, I. L.; Shanklin, M. D. 1961. Role of heat tolerance and production level in responses of lactating Holsteins to various temperature-humidity conditions. *Journal of Dairy Science*. 44: 1191 - 1199.
47. Journet, M.; Remond, B. 1976. Physiological factors affecting the voluntary intake of feed by cows: a review. *Livestock Production Science*. 3: 129 - 146.
48. Kadzere, C. T.; Murphy, M. R.; Silanikove, N.; Maltz, E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livestock Production Science*. 77: 59 - 91.

49. Kolver, E. S.; Muller, L. D. 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 81: 1403 - 1411.
50. Manterola, H. 2007. Manejo nutricional y composición de la leche. El desafío de incrementar los sólidos totales en la leche. (en línea). Santiago de Chile, Universidad de Chile. pp. 1-15. Consultado 18 jul. 2017. Disponible en http://www.uchile.cl/documentos/nutricion-del-rebano-lecheropara-la-produccion-de-solidos_58311_5.pdf+ycd=2yhl=esyct=clnkygl=co
51. Mattiauda, D. A.; Tamminga, S.; Gibb, M. J.; Soca, P.; Bentancur, O.; Chilbroste, P. 2013. Restricting access time at pasture and time of grazing allocation for Holstein dairy cows: ingestive behaviour, dry matter intake and milk production. *Livestock Science*. 152: 53 - 62.
52. Meikle, A.; Kulcsar, M.; Chilliard, Y.; Febel, H.; Delavaud, C.; Cavestany, D.; Chilbroste, P. 2004. Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. *Reproduction*. 127: 727-737.
53. Mertens, D. R. 1994. Regulation of forage intake. *In*: Fahey, G. C.; Collins, M.; Mertens, D. R.; Moser, L. E. eds. *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. Madison, WI, ASA/CSSA/SSSA. pp. 450- 493.
54. Moore, K. C. 1998. Economics of grass for dairy cattle. *In*: Cherney, J. H.; Cherney, D. J. R. eds. *Grass for Dairy Cattle*. New York, NY, CABI. pp. 373 - 391.
55. Morales, M. S. 1999. Factores que afectan la composición de la leche. (en línea). *TecnoVet*. 5 (1): s.p. Consultado 15 jul. 2017. Disponible en <https://tecnovet.uchile.cl/index.php/RT/article/view/5224/5104>
56. Moro, D. R. 2013. Estudo meta-analítico e análise de banco de dados do teor de lactose no leite bovino. Tesis de Maestrado em Ciencia Animal. Santa Catarina, Brasil. Universidade do Estado de Santa Catarina. Centro de Ciências Agroveterinárias. 105 p.
57. Mühlbach, P. R. F. 2010. Considerações sobre a otimização do consumo da vaca leiteira. Londrina, Phytobiotics. cap. 2, pp. 100 - 152.
58. NRC (National Reserch Council, US). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th. rev. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 381 p.

59. Nienaber, J. A.; Hahn, L. 2007. Livestock production system management responses to thermal challenges. *International Journal of Biometeorology*. 52: 149 - 157.
60. Oldham, J. D. 1984. Protein-energy inter relationships in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 67: 1090 - 1114.
61. Orcasberro, R. 1997. Suplementación y performance de ovinos y vacunos alimentados con forraje. *In*: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. *Pasturas y producción animal en área de ganadería extensiva*. 2ª. reimp. Montevideo, INIA. pp. 225 - 232 (Serie Técnica no. 13).
62. Orskov, O. D. 1982. Protein nutrition in ruminants. London, Academic Press. pp. 107-134.
63. Palmquist, D. L.; Beaulieu, A. D. 1992. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of Dairy Science*. 76: 1753 - 1771.
64. Promkot, A.; Wanapt, M. 2005. Effect of Level of Crude Protein and Use of Cottonseed Meal in Diets Containing Cassava Chips and Rice Straw for Lactating Dairy Cows. *Asian-Australian Journal of Animal Science*. 18(4): 502 - 511.
65. Pulido, R. G.; Leaver, J. D. 2003. Continuous and rotational grazing of dairy cows the interactions of grazing system with level of milk yield, sward height and concentrate level. *Grass and Forage Science*. 58: 265 - 275.
66. _____.; Muñoz, R.; Jara, C.; Balocchi, O. A.; Smulders, J. P.; Wittwer, F.; Orellana, P.; O'donovan, M. 2010. The effect of pasture allowance and concentrate supplementation type on milk production performance and dry matter intake of autumn-calving dairy cows in early lactation. *Livestock Science*. 132: 119-125.
67. Ramos, R.; Pabón, M. L.; Carulla, J. 1998. Factores nutricionales y no nutricionales que determinan los componentes de la leche. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 46(2): 2-7.
68. Salado, E. E. 2012. Estrategias de alimentación en sistemas lecheros: comparación de sistemas confinados vs. pastoriles. *In*: Congreso Panamericano de la Leche (12º., 2012, Asunción). Trabajos presentados. Santa Fé, INTA Rafaela. pp. 2-10.

69. Short, S. D. 2004. Characteristics and Production Costs of United State. (en línea). Washington, D. C., USDA. 20 p. Consultado 15 jul. 2017.
Disponible en
https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/47156/28499_sb974-6_1.pdf?v=41064
70. Soca, P. 2000. Efecto del tiempo de pastoreo y nivel de suplementación sobre el consumo, conducta y parámetros productivos de vacas lecheras. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias opción Ciencias Animales. Santiago de Chile, Chile. Universidad de Chile. 98 p.
71. Soriano, F. D.; Polan, C. E.; Miller, C. N. 2001. Supplementing pasture to lactating Holstein feed a total mixed ration diet. *Journal of Animal Science*. 84:2460-2468.
72. Sutton, D. J. 1989. Altering milk composition by feeding. *Journal of Dairy Science*. 75: 2801-2414.
73. Tamminga, S.; Luteijn, P. A.; Meijer, R. G. M. 1997. Change in composition and energy content of live weight loss in dairy cows with time after parturition. *Livestock Production Science*. 52:31-38.
74. Tyrell, H. F.; Haaland, G. L.; Moe, P. W.; Brown, A. C. G. 1981. Effect of level and solubility of protein on energy value of corn silage based rations fed to Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 64: 123-131.
75. Valtora, S.; Gallardo, M. 1996. El estrés por calor en producción lechera. INTA. Publicación Miscelanea. no. 81: 173 - 185.
76. Van Horn, H. H.; Zomata, C. A.; Wilcox, C. J.; Marshall, S. P.; Harris, B. 1979. Complete Rations for dairy cattle. VIII Effect of percent and source of protein on milk yield and ration digestibility. *Journal of Dairy Science*. 62(7): 1086 - 1093.
77. Van Soest, P. V.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74(10): 3583 - 3597.
78. Van Vuuren, A. M; Koelen, C. J.; Vroons De Bruin, J. 1986. Influence of level and composition of concentrate supplements on rumen fermentation patterns of grazing dairy cows. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 34: 457 - 467.

79. Vérité, R.; Jourent, M. 1970. Influence de la teneur en eau et de la déshydratation de l'herbe sur sa valeur alimentaire pour les vaches laitières. *Annales de Zootechnie*. 19: 255 - 268.
80. Vibart, R. E.; Vivek, F.; 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 Research*. 75: 471 - 480.
81. Wales, W. J.; Doyle, P. T.; Dellow, D. W. 1998. Dry matter intake and nutrient selection by lactating cows grazing irrigated pastures at different pasture allowances in summer and autumn. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 38: 451 - 460.
82. _____.; _____.; Stockdale, C. R.; Dellow, D. W. 1999. Effects of variations in herbage mass, allowance, and level of supplement on nutrient intake and milk production of dairy cows in spring and summer. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 39: 119 - 130.