

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

INTEGRACIÓN DE PASTURA Y DIETAS TOTALMENTE MEZCLADAS EN LA
ALIMENTACIÓN DE VACAS HOLANDO A INICIO DE LACTANCIA

por

Maite, FAJARDO SOKOL

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de *Magister* en Ciencias
Agrarias opción Ciencias
Animales

MONTEVIDEO

URUGUAY

Marzo 2013

Tesis aprobada por el tribunal integrado por MVD (Dr.) José Luis Repetto, Ing. Agr. (PhD) Alejandro La Manna, Ing. Agr. (Dra.) Cristina Genro y Ing. Agr. (PhD) Mariana Carriquiry el 16 de agosto de 2013. Autora: Maite Fajardo Sokol. Director Ing. Agr. (PhD) Pablo Chilibroste, Co-director Ing. Agr. MSc. Diego Mattiauda.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Agradezco por su paciencia, colaboración, ayuda, sostén e invaluable compañía en este trayecto a mi madre, mi novio, mi padre, mis hermanos y amigas y especialmente a mi director Pablo y co-director Diego, porque sin ellos no lo hubiera logrado.

De igual manera a todos aquellos que estuvieron presentes en este largo y difícil trayecto aportando su granito de arena, Gianni, Diego, Pedro, Gastón, Gabriel, Facundo, Ana Laura, Jimena, Ana, Mariana, Cristina, Francisco, Martín, Ruben, Tanicho, Giordano y Paolo.

TABLA DE CONTENIDO

	página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	VII
SUMMARY.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN QUE INTEGRAN PASTURAS Y DTM.....	2
1.2. MECANISMOS IMPLICADOS EN LA RESPUESTA ANIMAL FRENTE A VARIACIONES EN ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN.....	5
1.2.1. <u>Modificaciones en el comportamiento en pastoreo</u>	5
1.2.2. <u>Modificaciones a nivel ruminal</u>	7
1.3. HIPÓTESIS.....	10
1.4. OBJETIVOS.....	10
1.4.1. <u>Objetivo principal</u>	10
1.4.2. <u>Objetivos específicos</u>	11
2. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	12
2.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL.....	12
2.2. ANIMALES Y MANEJO PREPARTO.....	12
2.3. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	13
2.4. PASTURA.....	14
2.5. MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN Y EL PASTOREO.....	15
2.6. MEDICIONES EXPERIMENTALES Y ANALISIS DE MUESTRAS.....	16
2.6.1. <u>Mediciones en los animales y toma de muestras</u>	16
2.6.2. <u>Muestreo y análisis de alimentos</u>	18

	página
2.6.3. <u>Determinaciones de comportamiento</u>	19
2.6.4. <u>Determinaciones en rumen</u>	19
2.6.5. <u>Clima</u>	20
2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	20
3. <u>RESULTADOS</u>	23
3.1. CLIMA	23
3.2. PASTURA Y DTM, OFERTA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	23
3.3. RESULTADOS DEL PER 1 (0 a 60 DPP).....	25
3.3.1. <u>Producción y composición de leche, peso vivo y condición corporal</u> ...	25
3.3.2. <u>Consumo de materia seca</u>	27
3.3.3. <u>Comportamiento grupal e individual en pastoreo</u>	28
3.3.3.1. Comportamiento grupal en pastoreo.....	28
3.3.3.2. Comportamiento ingestivo individual en pastoreo.....	29
3.4. RESULTADOS DEL PER 2 (61 A 90 DPP).....	30
3.4.1. <u>Producción y composición de leche, peso vivo y condición corporal</u> ...	30
3.4.2. <u>Consumo de materia seca</u>	32
3.4.3. <u>Comportamiento grupal e individual en pastoreo</u>	32
3.4.3.1. Comportamiento grupal en pastoreo.....	32
3.4.3.2. Comportamiento ingestivo individual en pastoreo.....	33
3.4.4. <u>Patrones de fermentación ruminal</u>	34
4. <u>DISCUSIÓN</u>	36
4.1. PERÍODO 1 (0 A 60 DPP).....	36
4.1.1. <u>Producción y composición de leche, condición corporal y consumo de materia seca</u>	36
4.1.1.1. 100 % DTM vs. DTM + pastura.....	36
4.1.1.2. Efecto del tiempo de acceso sobre las variables productivas...	40
4.1.2. <u>Comportamiento grupal e individual en pastoreo</u>	41

	página
4.2.PERÍODO 2 (61 A 90 DPP).....	44
4.2.1. <u>Producción y composición de leche, condición corporal y consumo de materia seca</u>	44
4.2.2. <u>Comportamiento grupal e individual en pastoreo</u>	45
4.2.3. <u>Patrón de fermentación ruminal</u>	46
5. <u>CONCLUSIONES</u>	48
6. <u>IMPLICANCIAS</u>	49
7. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	50

RESUMEN

A nivel regional la intensificación de la producción de leche ha llevado en los últimos años a la inclusión de suplementos y dietas totalmente mezcladas (DTM) en sistemas históricamente de base pastoril. Situación que ha orientado a la investigación al estudio de estrategias que combinan DTM y pasturas. El objetivo fue determinar la performance productiva y los mecanismos de respuesta de vacas Holando ($n=36$) sujetas a diferentes ofertas de DTM y pasturas con diferentes tiempos de acceso a la pastura. Adicionalmente, se estudió la re adaptación al pastoreo de animales alimentados con DTM durante los primeros 60 DPP, entre los 61-90 DPP. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar donde los animales fueron bloqueados y asignados al azar a uno de tres tratamientos: **ENCIERRO** (animales en encierros con 100 % DTM), **P6** (6 h de acceso a pastura + 50 % de DTM), **P9** (9 h de acceso a la pastura + 50 % de DTM). Entre los días 61-90 DPP, los animales de **ENCIERRO** (**Pos-ENCIERRO**) pasaron a una rutina igual a la de **P6** y **P6** se mantuvo como tratamiento control. En los primeros 60 DPP el tratamiento **ENCIERRO** produjo más leche que **P6** y **P9** ($35,3$ vs. $32,1$ y $32,9 \pm 0,43$ L/d, respectivamente, $P<0,05$). La producción de grasa no fue diferente ($1,3 \pm 0,05$ kg/d) mientras que la producción de proteína fue mayor en **ENCIERRO** que en **P6** y **P9** ($1,2$ vs. $1,1$ y $1,1 \pm 0,04$ kg/d, respectivamente, $P<0,05$). La producción de energía en leche no fue diferente entre tratamientos ($25,0 \pm 0,97$ Mcal/d). Los animales de **ENCIERRO** presentaron una mayor CC que **P9** y no difirió de **P6** ($2,9$, $2,7$ y $2,8 \pm 0,06$, respectivamente, $P<0,05$). Entre los 61 y 90 DPP los tratamientos **P6** y **Pos-ENCIERRO** no presentaron diferencias en producción de leche ($35,9 \pm 1,18$ L/d, $P=0,12$), producción de grasa y proteína ($1,3 \pm 0,06$ kg/d y $1,2 \pm 0,05$ kg/d, respectivamente) y CC. Tampoco se encontraron diferencias en el comportamiento en pastoreo. Entonces la sustitución de DTM por pasturas en un 30 % (**P6**) durante los 60 DPP permitió resultados similares a los de 100 % DTM mientras que la estrategia **P9** no mostró ventajas sobre **P6**, debido a mayores requerimientos de energía asociadas a costos de traslado y cosecha de forraje. Los resultados de 61-90 DPP sugieren una rápida adaptación de los animales **Pos-ENCIERRO** al pastoreo.

Palabras clave: período de transición, comportamiento en pastoreo, nutrición

SUMMARY

Inclusion of pasture and total mixed rations on diets of Holstein dairy cows in early lactation

Intensification of milk production in the region has involved the increasing inclusion of supplements and total mixed rations (TMR) in historical grazing systems. This situation has oriented the research on the study of strategies combining TMR and pasture. The objective was to determine the productive performance and the mechanisms of response of multiparous Holstein cows (n=36) subjected to contrasting feeding strategies using total mixed rations (TMR) and partial mixed rations with different times of access to pasture during the first 60 days in milk (DIM). Besides, the productive and behavioral adaptation of TMR cows to grazing strategies was studied from days 61 to 90 DIM. A complete randomized block design was used and animals were blocked and randomly allocated to one of the following treatments in the first 60 DIM: **TMR** (confined cows fed with TMR), **G1** (6 h pasture plus 50% TMR) and **G2** (9 h pasture plus 50% TMR). From 61 to 90 DIM **TMR (Pos-RTM)** cows were managed with the same **G1** routine and **G1** treatment was kept as a control. In the first 60 DIM, TMR cows produced more milk than G1 and G2 (35.3 vs. 32.1 and 32.9 ± 0.43 L d⁻¹, $P < 0.05$). Fat production was not different between treatments (1.3 ± 0.05 kg d⁻¹). TMR cows had higher milk protein production than G1 and G2 (1.2 , 1.1 and 1.1 ± 0.04 kg d⁻¹, respectively, $P < 0.05$). Milk energy output was not different between treatments (25.0 ± 0.97 Mcal d⁻¹). TMR cows differed in body condition (BCS) from G2 but not from G1 cows (2.9 , 2.7 and 2.8 ± 0.06 , respectively, $P < 0.05$). From 61 to 90 DIM treatments TMR and G1 had no significant differences in milk production (35.9 ± 1.18 L d⁻¹, $P = 0.12$), milk fat and protein production (1.3 ± 0.06 kg d⁻¹ of fat and 1.2 ± 0.05 kg d⁻¹ of protein) or BCS. Grazing behaviour also shows no difference between treatments. Partial TMR with 6 h of grazing (G1) in the first 60 DIM achieved similar productive results as 100% TMR and G2 feeding strategy did not show productive advantages over G1. Moreover, a lower BCS was found in this group, probably due to the greater energy requirements for walking. Results between 61-90 DIM suggest an immediate adaptation of TMR cows to a grazing routine.

Key words: transition period, grazing behavior, dairy nutrition

1. INTRODUCCIÓN

La investigación en nutrición de vacas lecheras se centró históricamente en el estudio de la respuesta animal frente a diferentes cantidades y tipos de alimentos consumidos. Se ha reportado desde los trabajos de Broster y Broster (1984) que la intervención en la alimentación con un mayor consumo de energía metabolizable presenta efectos directos sobre la producción de energía en leche y la condición corporal de los animales. En este sentido se ha generado información que sostiene que altos niveles de alimentación durante el primer tercio de lactación se traducen en diferencias en la producción total del animal y su condición corporal (Chilibroste et al., 2011, Broster et al., 1993). Este fenómeno estaría asociado a diferentes mecanismos, tanto metabólicos ligados a la partición de energía dentro del animal (Meikle et al., 2013, 2005, 2004, Adrien et al., 2012, Astessiano et al., 2012, Cavestany et al. 2009), como fisiológicos relacionados a la dinámica de los alvéolos en la glándula mamaria (Capuco et al., 2003, Stefanon et al., 2002).

En base a estos antecedentes la intensificación de la producción de leche en los sistemas pastoriles de la región se ha basado en un incremento significativo en el uso de concentrados energéticos y proteicos con el objetivo de aumentar los niveles de producción individual de los animales especialmente al inicio de la lactancia. Sin embargo, el análisis de curvas de lactancia a nivel comercial en Uruguay da cuenta de rendimientos por debajo del potencial productivo de las vacas (Chilibroste et al., 2011), con curvas bifásicas para partos de otoño y curvas con buenos picos de producción pero sin persistencia para los partos de primavera (Chilibroste et al., 2011, 2002, Naya et al., 2002). Las curvas de lactancia resultan de la interacción entre efectos ambientales y la base forrajera de los tambos e involucran períodos de sub-nutrición del rodeo. Chilibroste et al. (2004) describieron la presencia de un desbalance estructural entre oferta y demanda de nutrientes en los sistemas de producción de leche de Uruguay, debido al desfase entre el modelo de producción de forraje y la estructura de partos de los rodeos. Esta situación es particularmente crítica en los meses de otoño.

Como forma de intervenir sobre este problema en los últimos años se ha evaluado el uso estratégico de dietas totales mezcladas (DTM) en lactancia temprana (Cajarville et al., 2012, Sprunck et al., 2012ayb, Chilibroste et al., 2011, Acosta et al., 2010). A nivel

internacional también se ha investigado la relación entre plano de alimentación y performance animal (Bargo et al., 2002a, White et al., 2002, Soriano et al., 2001, Kolver y Muller, 1998) donde compararon DTM con dietas basadas 100 % en pastoreo, o combinando pastoreo y suplementación. Los resultados han sido consistentes en mostrar una respuesta directa en producción de leche y sólidos frente a un aumento en el plano de alimentación en lactancia temprana o media. Sin embargo, los resultados obtenidos hasta el momento han sido ambiguos en cuanto a la permanencia en el tiempo de los efectos logrados a inicio de la lactancia.

Para comprender mejor el impacto del uso de estas prácticas de alimentación en sistemas pastoriles de producción de leche, 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). Desde esta perspectiva, el estudio de los mecanismos de adaptación de los animales a las estrategias de alimentación y su impacto sobre el consumo total de materia seca, el consumo de forraje y la eficiencia de utilización de la pastura son centrales en la evaluación de las estrategias de alimentación.

1.1. ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN QUE INTEGRAN PASTURAS Y DTM

Diversos grupos a nivel internacional se encuentran investigando diferentes estrategias nutricionales para vacas lecheras de alta producción. 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). En esta línea se ubican trabajos como los reportados por Vibart et al. (2008), Bargo et al. (2002a), White et al. (2002), Kolver y Muller (1998) en los que se compara DTM con diferentes combinaciones de pasturas suplementadas o no con concentrados o DTM.

Estos grupos 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. Las respuestas en estos trabajos han estado directamente relacionadas al nivel de pastura incorporado a la dieta. Los animales alimentados con 100 % pastura produjeron un 30 % menos leche que animales alimentados con 100 % DTM (White et al., 2002). Sin embargo, cuando las combinaciones se acercan al 50 % pastura las diferencias en producción disminuyeron observándose valores del 16 % (Bargo et al., 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).

De acuerdo a 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. En el caso de consumos cercanos al 50 % pastura, se analiza por parte de los autores que lo que estaría explicando las diferencias entre tratamientos sería, por un lado la diferencia en consumo de MS y por otro el mayor costo energético de mantenimiento de los animales en pastoreo debido a la actividad de caminata y cosecha (Bargo et al., 2002a). Mientras que Soriano et al. (2001) concluyen que con animales en lactancia media, la sustitución de DTM con pasturas de buena calidad en hasta un 30 % permite mantener la producción, la CC y el PV.

A nivel nacional también 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 período otoño – invernal. Algunos trabajos en esta línea son los reportados por Sprunck et al. (2012a), Mendoza et al. (2012a-b), Chilibroste et al. (2011) y el de Acosta et al. (2010). En estos casos se trabajó con animales de 20 DPP promedio y en períodos de 60 a 70 días, donde se compararon tratamientos 100 % DTM vs. tratamientos con 50 % DTM + pastura ó suplementación + pastura. En promedio los tratamientos DTM produjeron un 13 % más leche que los tratamientos con 50 % DTM + pastura y un 27 % más que los tratamientos pastura + suplemento. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Bargo et al. (2002a) con tratamientos similares.

En el período residual los efectos obtenidos varían de acuerdo al nivel de suplementación a inicios de lactancia. Acosta et al. (2010) reportan que mientras el

tratamiento con una oferta de 50 % DTM + pastura no presentó diferencias frente al tratamiento 100 % DTM, si reportan una superioridad del 13 % de éstos frente al tratamiento pastura + suplementación. De igual manera, Chilibroste et al. (2011) con vacas primíparas no encontraron efectos residuales entre tratamientos a inicios de lactancia con 100 % DTM y suplementación + pasturas con alta asignación, sin embargo animales alimentados con suplementación + pastura con media y baja asignación produjeron menos leche ($P < 0,05$) una vez terminado el período experimental.

De acuerdo a la información presentada, los resultados obtenidos con las diferentes estrategias de alimentación varían de acuerdo a las combinaciones de DTM y pastura logradas y por tanto al consumo y composición final de la dieta. También las respuestas residuales obtenidas son diferentes y no se visualiza claramente los mecanismos que operan en este período para explicar las respuestas obtenidas. Sin embargo, se puede afirmar que frente a un mayor plano de alimentación en la lactancia temprana se logran mayores producciones al pico de producción de leche y se reportan curvas más altas que para animales con planos menores. Por tanto, cuando igualados a una similar oferta de alimento, animales con una producción previa mayor deberán mantener una mayor demanda de nutrientes para la manutención de la producción por lo cual deberán mantener un mayor consumo de MS que animales con una menor producción previa. Cuando esta situación se da en condiciones de pastoreo, es probable que los animales con mayor demanda modifiquen su comportamiento con el fin de alcanzar dicho mayor consumo de MS.

La experiencia a nivel nacional con el uso de DTM aún requiere de una mayor profundización para lograr entender los resultados encontrados y de esta manera generar herramientas que permitan la planificación de la alimentación de acuerdo a las necesidades de cada sistema. Por lo cual se considera fundamental comprender e investigar sobre cuáles son los mecanismos que están por detrás de estos resultados y cómo actúan frente a cada situación de alimentación.

1.2. MECANISMOS IMPLICADOS EN LA RESPUESTA ANIMAL FRENTE A VARIACIONES EN ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN

1.2.1. Modificaciones en el comportamiento en pastoreo y consumo de MS

El estudio de los mecanismos de adaptación de los animales a la nueva estrategia de alimentación y su impacto sobre el consumo total de materia seca, el consumo de forraje y la eficiencia de utilización de la pastura son centrales en la evaluación de las estrategias de alimentación. El comportamiento animal en lo que refiere a modificaciones en el patrón de ingestión, es una de las principales respuestas frente a los cambios en las estrategias nutricionales. Por lo general, modificaciones en conducta determinan cambios en el consumo que modulan el patrón de fermentación. En este sentido, Chilibroste et al. (2005) reportan que se podría manipular el comportamiento en pastoreo de vacas lecheras, manipulando el tiempo y la asignación de forraje ofrecida a los animales en la sesión de pastoreo. De manera que el comportamiento es una de las claves para entender las respuestas productivas obtenidas frente a tratamientos nutricionales diferenciales.

Se ha reportado en diferentes trabajos factores que pueden modificar el comportamiento animal. Entre estos encontramos la suplementación, donde animales sin suplementación pastorearon mayor tiempo que los animales suplementados (Balocchi et al., 2002). Por otro lado, Peyraud et al. (1996) encontraron menores tiempos de pastoreo en asignaciones de forraje bajas frente a medias y altas, debida a pastoreo de asignaciones bajas que significaron una barrera para la cosecha de forraje por el animal. Abrahamse et al. (2009) reportan que se registró un mayor tiempo de rumia y mayor número de rumias en ocupaciones de la parcela matutinas vs. vespertinas y Soca et al. (1999) reportan diferencias en el tiempo de pastoreo y tiempo de rumia y descanso para animales con diferentes tiempos de acceso a la pastura en lactancia media.

El nivel de asignación de forraje ha sido reportado como un factor importante para modificar el comportamiento animal en pastoreo y de esta manera el consumo de MS. Sin embargo, Chilibroste et al. (2012) con vacas primíparas en lactancia temprana concluyen que la respuesta en aumentos en producción de leche se dan frente a cambios entre bajas y medias asignaciones, pero entre medias y altas asignaciones no se encontraron respuestas.

Este resultado se debe a un menor tiempo efectivo de pastoreo y tasa de consumo exhibido en animales a inicios de lactancia que se va incrementando con el progreso de ésta. De manera que sería esperable que a inicios de lactancia el aumento en el tiempo de acceso a la pastura permitiera el aumento en el consumo de MS como forma de soslayar esta dificultad de los animales en sostener altos tiempos de pastoreo efectivo en condiciones de bajas tasas de consumo.

El efecto del tiempo de acceso a la pastura sobre la producción y composición de la leche fue reportado por Chilibróste et al. (2007). En un experimento que evaluó el comportamiento y la producción de vacas con 16 vs. 8 horas de acceso a la pastura en asignaciones altas y bajas encontraron una mayor producción de leche y sólidos ($P < 0,01$) con 16 hs de acceso a la pastura vs. 8 hs tanto con alta como con baja asignación de forraje. Sin embargo, pese a disponer de 8 horas extra de acceso a la pastura, los animales del tratamiento con 16 hs de acceso solamente utilizaron un 30 % de ese tiempo extra en actividades de cosecha de forraje, resaltándose la alta eficiencia exhibida por las vacas con 8 hs de acceso en la tarde, que dedicaron más de un 80 % del tiempo en dicha actividad.

De manera que con vacas a inicios de lactancia es esperable encontrar bajas tasas de consumo en pastoreo y bajos tiempos efectivos de pastoreo lo cual podría estar limitando el consumo potencial en animales con un tiempo de acceso a la pastura restringido. Por tanto un mayor tiempo de acceso a la pastura podría compensar esta dificultad encontrada al inicio de la lactancia permitiendo un mayor tiempo de pastoreo, aumentando el consumo total de MS y por tanto la producción de leche. En este sentido, el tiempo de acceso y el momento del día en el que se accede a la pastura por parte de los animales son variables fácilmente modificables en los sistemas lecheros, que pueden repercutir sobre los resultados productivos obtenidos. Estas variables han sido estudiadas en diversos experimentos (Chilibróste et al., 2012, 2007, 2004) en los que se evaluó la respuesta productiva y cambios en comportamiento frente a cambio en el manejo del pastoreo con o sin suplementación con concentrados. Sin embargo, se disponen de escasos antecedentes (Chilibróste et al., 2012, Bargo et al., 2002a) en los que se haya estudiado las respuestas obtenidas con dietas 100 % DTM vs. DTM parciales.

Frente al efecto de las diferentes estrategias nutricionales sobre el consumo encontramos antecedentes que reportan que vacas alimentadas con 100 % DTM alcanzan consumos mayores a vacas alimentadas con 100 % pasturas, lo cual genera diferencias a nivel productivo, donde las últimas verían limitado su potencial (Kolver y Muller, 1998). Por otro lado, Bargo et al. (2002a) también encontraron diferencias en consumo de MS, con mayores consumos en los tratamientos alimentados con 100 % DTM vs. vacas alimentadas con 50 % DTM + 50 % pasturas y pasturas + suplementos, donde estas diferencias también generaron diferencias a nivel productivo, resultados similares a los de Acosta et al. (2010). De manera que estos antecedentes nos indican que vacas alimentadas con DTM lograrían alcanzar su consumo potencial, mientras que animales cuya alimentación implica la cosecha de forraje verían limitada su capacidad de consumo, lo cual repercute sobre su eficiencia productiva.

Sin embargo, como ya se mencionó es esperable que las condiciones en las que se accede a la pastura por los tratamientos DTM parciales modifique el comportamiento en pastoreo de éstos y así su consumo de MS de pastura, afectando por tanto su resultado productivo. Por lo cual se debe profundizar en el estudio de estas variables de respuesta para comprender los resultados productivos obtenidos a inicios de lactancia.

1.2.2. Modificaciones a nivel ruminal

Muchos factores relacionados al funcionamiento del rumen pueden influenciar el consumo de materia seca de los animales. Por un lado factores físicos, incluyendo la capacidad de llenado del rumen con materia seca o fibra. Por otro lado, factores fisiológicos incluyendo los productos finales de la fermentación ruminal y digestión intestinal, el pH y osmolaridad del rumen (Taweel, 2004), hormonas secretadas por el sistema endócrino como insulina y glucagón, o secretadas por el tracto gastrointestinal como gastrina y colecistoquinina (Grovm, citado por Taweel, 2004).

Las diferentes dietas, al influir sobre las condiciones del rumen, influirán sobre el consumo de materia seca, la eficiencia digestiva y por lo tanto sobre la producción del animal. De esta manera, dietas que aumenten la actividad microbiana, el flujo de saliva hacia el rumen y un ritmo normal de contracciones del rumen tendrán influencias positivas sobre el

consumo y digestión de los alimentos. Al contrario, si se inhibe la actividad microbiana en el rumen y se reduce la rumia, salivación y frecuencia de las contracciones se bajará la tasa de degradación, bajando consecuentemente el consumo (Taweel, 2004).

El grupo de investigación de la EEMAC ha incluido desde etapas muy tempranas el estudio de la cinética de digestión del forraje fresco y la caracterización de la fermentación ruminal de vacas en pastoreo, suplementadas o no, con el fin de utilizar la suplementación en pastoreo para balancear los aportes del forraje, tanto en cantidad como en nutrientes específicos. A modo de ejemplo se presenta las Figuras 1 y 2 donde se puede ver la variación a lo largo del día del pH ruminal y la concentración de N amoniacal en vacas en pastoreo, suplementadas o no con afrechillo de trigo o pellets de pulpa de citrus.

Figura 1. Variación diurna de pH ruminal de vacas lecheras en pastoreo suplementados o no con afrechillo de trigo o pulpa de citrus pelleteada

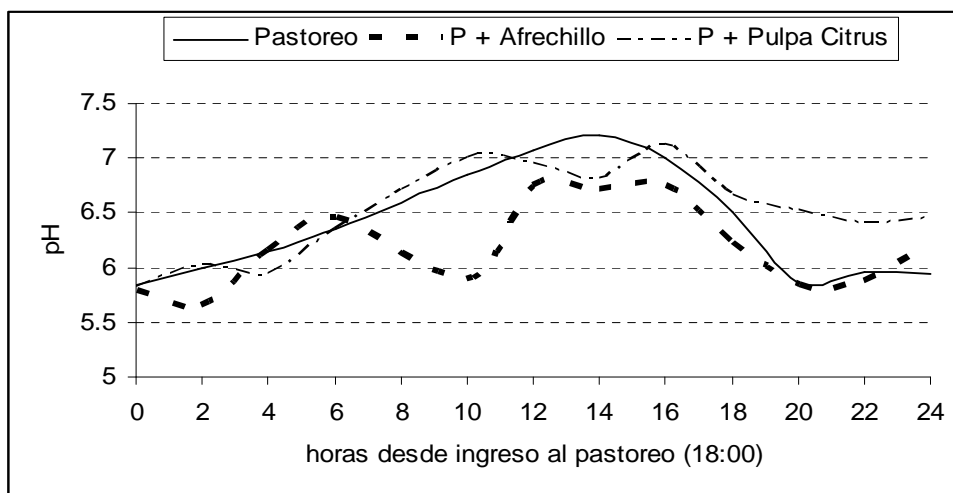
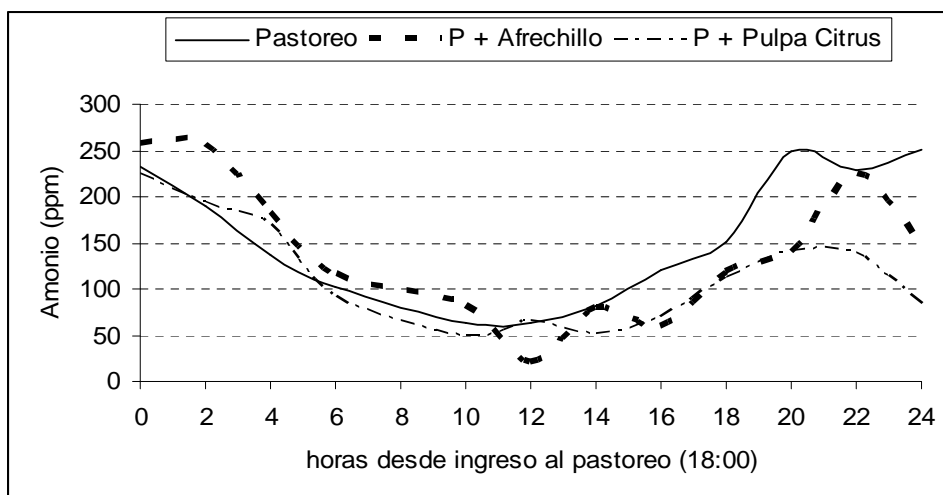


Figura 2. Variación diurna de concentración de amonio en líquido ruminal de vacas lecheras en pastoreo suplementados o no con afrechillo de trigo o pulpa de citrus pelleteada



En este experimento (Radiccioni et al., 1993) las vacas pastoreaban dos horas luego del ordeño vespertino (18:00 a 20:00 horas) que se corresponde con el período 0-2 horas del eje x de los gráficos en las figuras 1 y 2, permaneciendo luego encerradas hasta el ordeño de la mañana y retomando el pastoreo entre las 8:00 y las 15:00 horas (corresponde con el período 14 – 21 horas del eje x de las figuras 1 y 2). Del análisis de las figuras 1 y 2 resaltan dos aspectos: 1) la dinámica de variación diaria del pH y el amonio en el líquido ruminal estuvo más ligada al patrón de ingestión de la pastura que al tipo de suplemento y, 2) la suplementación opera en la modulación de los picos generados por el consumo y digestión del forraje. Esta ha sido el patrón dominante de fermentación en todas las situaciones en que el pastoreo es la principal fuente de alimentación.

En este sentido, Bargo et al. (2002b) reportan que con diferentes dietas combinando DTM, DTM + pasturas y suplemento + pasturas no encontraron diferencias en los valores promedio de pH y concentración de AGV. Sin embargo, los tratamientos provocan cambios en las distribuciones de los valores de pH y concentraciones de AGV a lo largo del día, además de que la inclusión de DTM en el tratamiento DTM + pastura redujo el potencial de digestión de la MS y FDN de la pastura. Resultados diferentes a los de Santana et al. (2011, 2012) que no encontraron diferencias entre vaquillonas consumiendo DTM y DTM + pasturas en cuanto a la actividad microbiana en el rumen, pH y digestibilidad de la dieta.

De manera que resulta particularmente importante el estudio de las características de la fermentación ruminal tanto frente al uso de las diferentes estrategias de alimentación como durante el período de transición desde DTM a DTM parciales o a pastoreo + suplementación. La información existente sobre efectos en el ambiente ruminal y la cinética de fermentación de los cambios de dieta luego de períodos de alimentación diferencial son escasos, al igual que sus repercusiones sobre los resultados productivos, pudiendo ser un elemento clave para el éxito en la adaptación a nuevas dietas.

1.3. HIPÓTESIS

La intervención en la alimentación durante el primer tercio de lactación generará diferencias en los niveles productivos alcanzados a favor de animales alimentados con 100 % DTM frente a animales con dietas mixtas (50 % pastura + 50 % DTM). Estas diferencias estarán dadas por una mayor producción de leche y sólidos, PV y CC.

Animales en dietas mixtas (50 % pasturas + 50 % DTM) con mayor tiempo de acceso a la pastura presentarán diferencias productivas frente a animales con igual oferta en kg de MS diaria pero con menor tiempo de acceso a la pastura. Esta diferencia estará explicada por un mayor consumo de MS de pastura resultado de un mayor tiempo de pastoreo.

Durante la re - adaptación de animales con dietas 100 % DTM a dietas mixtas (50 % pastura + 50 % DTM), éstos presentarán un comportamiento en pastoreo diferente a animales adaptados a los sistemas mixtos. Esta diferencia se expresará en un mayor tiempo de pastoreo, que tendrá como fin aumentar el consumo de MS de pastura, para mantener una mayor demanda de energía debida a la mayor producción de leche generada en el primer tercio de lactancia.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo principal

El objetivo de esta investigación es determinar el impacto de la incorporación de DTM vs. dietas mixtas (pastura + DTM) con diferentes tiempos de acceso a la pastura sobre conducta en pastoreo, consumo de materia seca y performance productiva de vacas lecheras durante los primeros 60 DPP. Adicionalmente, identificar los mecanismos en términos de

comportamiento, consumo y fermentación ruminal de la re - adaptación al pastoreo de animales alimentados con DTM durante los primeros 60 DPP.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la respuesta en leche, grasa y proteína de animales con una oferta de alimento 100 % DTM respecto a animales con una oferta de alimentos de 50 % DTM + 50 % pastura con 6 o 9 hs de acceso a la pastura en los primeros 60 DPP.

- Determinar si animales con una oferta de alimento 100 % DTM presentan mayor CC y PV que animales con una oferta de alimentos de 50 % DTM + 50 % pastura con 6 o 9 hs de acceso a la pastura en los primeros 60 DPP.

- Determinar si animales con igual oferta de alimento (50 % DTM + 50 % pastura) pero con mayor tiempo de acceso a la pastura (9 h) durante los primeros 60 DPP consumen más MS de forraje, producen más leche, grasa y proteína que animales con menor tiempo de acceso (6 h).

- Evaluar si el comportamiento animal en pastoreo, tanto individual como grupal, durante los primeros 60 DPP, es diferente en animales que tienen igual oferta de alimento (50 % DTM + 50 % pastura) pero diferente tiempo de acceso a la pastura.

-Determinar si el consumo de MS, la producción de leche, composición de la leche, CC y PV son mayores en animales alimentados con 100 % DTM durante los primeros 60 DPP y con una dieta 50 % DTM + 50 % pastura de los 61 a los 90 DPP, frente a animales que fueron alimentados durante los 90 DPP con una dieta 50 % DTM + 50 % pastura con 6 hs de acceso diario a la pastura.

-Determinar si el cambio de dieta al día 61 DPP en animales alimentados con 100 % DTM durante los primeros 60 DPP y con una dieta 50 % DTM + 50 % pastura de los 61 a los 90 DPP genera diferencias en el patrón de fermentación ruminal frente a animales que permanecen durante los 90 días con una dieta 50 % DTM + 50 % pastura.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El trabajo de campo se llevó a cabo en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC), perteneciente a la Facultad de Agronomía, Universidad de la República. El experimento consistió en dos períodos de estudio, con una duración total de 90 días, desde el 17 de marzo al 17 de junio del año 2011.

2.2. ANIMALES Y MANEJO PREPARTO

Se utilizaron 36 vacas Holando multíparas pertenecientes al rodeo de la EEMAC. Éstas fueron bloqueadas según número de lactancia (NL), fecha probable de parto (FPP), condición corporal (CC) y peso vivo (PV) 30 d previo al parto.

Entre las semanas -8 y -4 pre-parto se realizó un monitoreo y alimentación de los animales con el fin de lograr una condición corporal de entre 3 y 3,5. Durante las últimas cuatro semanas previas al parto se ofreció una dieta compuesta por ensilaje de maíz como fuente de fibra y concentrado comercial pre parto, con el fin de evitar pérdidas de CC y problemas al parto. Durante este período se realizaron determinaciones semanales de CC y PV.

La fecha promedio de partos fue el 19 de marzo ($\pm 7,9$ d) con una CC promedio preparto (Edmonson et al., 1989) de $3,2 \pm 0,2$ y un PV promedio preparto de $731,0 \pm 73,5$ kg. Las vacas presentaron un NL promedio de $4,5 \pm 1,7$ siendo todas multíparas.

También se utilizaron cuatro vacas primíparas, seleccionadas por su similitud en CC y PV, sin problemas físicos y con similares FPP, con el fin de realizarles fístulas ruminales. Durante los dos meses previos al parto, se las amansó y acostumbró a su manipulación para poder tomarles muestras de líquido ruminal durante el experimento. La intervención quirúrgica se realizó diez días pos parto (DPP). Las vacas presentaron al parto una CC promedio de $3,1 \pm 0,3$ y un PV promedio de 520 ± 20 kg, siendo la fecha de parto promedio el 20 de marzo (± 3 d).

El protocolo experimental fue evaluado y aprobado por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal de Uruguay (CHEA – UdelaR).

2.3. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con 12 bloques y 36 vacas, dentro de los cuales se asignaron los tratamientos al azar.

Durante el período uno (Per 1), comprendido entre los 0 y 60 DPP, los tratamientos aplicados fueron:

1- **ENCIERRO**: los animales permanecieron en encierros al aire libre en los que se les ofreció una dieta total mezclada ad-libitum.

2- **P6**: animales con 6 h de acceso diario a la pastura luego del ordeño matutino y una suplementación vespertina con un 50 % del peso de la DTM ofrecida a los animales del tratamiento **ENCIERRO**.

3- **P9**: animales con 9 h de acceso diario a la pastura dividido en dos sesiones, una matutina y una vespertina, y una suplementación nocturna con un 50 % del peso de la DTM ofrecida a los animales del tratamiento **ENCIERRO**.

Los tres tratamientos accedieron diariamente a la misma oferta de alimentos en base seca. Los lotes en pastoreo tuvieron acceso a la misma oferta de alimentos tanto en asignación de forraje como en oferta de suplemento, variando entre ellos únicamente el tiempo de acceso a la pastura.

Durante el segundo período de experimentación (Per 2), comprendido entre los 61 y 90 DPP, los tratamientos fueron:

1- **Pos-ENCIERRO**: los animales que durante los primeros 60 DPP permanecieron en el tratamiento **ENCIERRO** pasaron a una rutina de manejo y alimentación igual a los animales de **P6** sin un período de adaptación

2- **P6**: los animales del tratamiento **P6** durante los primeros 60 DPP permanecieron en su rutina de manejo y alimentación oficiando de tratamiento control.

Ambos grupos se mantuvieron en lotes separados y tuvieron un acceso diario a la pastura de 6 h, en una única sesión matutina, de 8:00 a 14:00 h, y fueron suplementados luego del ordeño pm con un 50 % del peso de la DTM ofrecida durante los primeros 60 DPP a los animales del tratamiento **ENCIERRO**.

Este período de experimentación tuvo como objetivo evaluar la adaptación de los animales alimentados con 100 % DTM durante los primeros 60 DPP a una rutina de pastoreo. Dado lo anterior, no se mantuvo al tratamiento **P9** durante este período debido a que el interés de éste era durante la lactancia temprana.

2.4. PASTURA

Se utilizó una pastura de segundo año de Festuca (*Festuca arundinacea*), Trébol blanco (*Trifolium repens*) y Lotus (*Lotus corniculatus*). Ésta fue sembrada la segunda quincena de mayo del 2010 con 15 kg de Festuca, 2 kg de trébol blanco y 10 kg de lotus, con una fertilización a la siembra de 100 kg de Fosfato de Amonio. Se re-fertilizó una vez durante el período experimental con 40 kg N/ha el 5 de Mayo. Las parcelas utilizadas se encontraban a una distancia de 1,7 km de la sala de ordeño.

Las parcelas fueron asignadas semanalmente con una oferta objetivo de 15 kg de materia seca (MS) por vaca y por día sobre 4 cm respecto al suelo. La disponibilidad de forraje (kg MS/ha) fue estimada semanalmente utilizando el método comparativo adaptado de Haydock y Shaw (1975) con una escala de cinco puntos y tres réplicas tomadas en áreas representativas de la pastura. Cada punto de la escala fue medido con el Rising Plate Meter® y con regla y los 15 cuadros se cortaron a ras del suelo. La altura del forraje se registraba con el Rising Plate Meter® en 300 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 (kg MS/cuadrante) y la altura medida con el plato de los 15 cuadrantes muestreados, la cual fue utilizada para ajustar la oferta de forraje para cada tratamiento.

2.5. MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN Y EL PASTOREO

La relación forraje – concentrado de la dieta ofrecida a las vacas del tratamiento **ENCIERRO** fue de 45 – 55 % (Cuadro 1). La dieta fue formulada de acuerdo al NRC 2001, donde se estableció una oferta de 30 kg MS/v/d para el tratamiento **ENCIERRO**, con el objetivo de obtener un 15 % de rechazo y una producción de 40 kg de leche diarios. Dos fuentes de energía (maíz y cebada) y dos fuentes de proteína (harina de soja y expeler de girasol), junto con minerales y aditivos fueron premezclados en una compañía comercial de fabricación de raciones (cooperativa el Ombú). El suplemento comercial se mezcló con la fuente de fibra (ensilaje de maíz o ensilaje de sorgo) previo a la alimentación de los animales, formando la DTM.

El 1 de junio (75 días del experimento) nos vimos obligados a sustituir el ensilaje de maíz por ensilaje de sorgo debido a que el primero se consumió en su totalidad (Cuadro 1). Por otro lado, a los 49 DPP se aumentó la oferta de DTM a todos los tratamientos con el fin de mantener el 15 % de rechazo en el tratamiento **ENCIERRO**, alcanzando los 34 kg MS/v en el tratamiento **ENCIERRO** y los 17 kg MS/v en **P6** y **P9**. Al mismo tiempo se aumentó en igual cantidad la asignación de forraje a los tratamientos **P6** y **P9** con el fin de mantener la relación 50 % DTM – 50 % pastura en la dieta ofrecida.

A los animales del tratamiento **ENCIERRO** se les ofrecía la DTM dos veces al día, 40 % en la mañana y 60 % en la tarde, luego de los ordeñes. Los animales de los tratamientos **P6** y **P9** se suplementaban con un 50 % de la DTM ofrecida a los animales de **ENCIERRO** (15 kg MS/v/d), durante la tarde y noche.

Los animales de **ENCIERRO** permanecieron siempre en corrales con acceso a agua y alimento. Los corrales eran a cielo descubierto, de piso de tierra, con comederos de madera (frente de ataque: 1,8 m/v). El ordeño de todos los animales se realizaba a las 5:00 y a las 15:00 h, donde se ordeñaba primero al tratamiento **ENCIERRO** y luego a **P6** y **P9** juntos.

Las vacas en el tratamiento **P6** iban a la parcela entre las 8:00 y las 14:00 h y luego del ordeño vespertino permanecían en corrales con acceso a la DTM y agua hasta las 4:00 h. Las vacas del tratamiento **P9** iban a la parcela entre las 8:00 y las 14:00 y luego entre las 17:00 y las 20:00 h, luego permanecían en corrales con acceso a la DTM y agua hasta las

4:00 h. Los corrales de estos grupos también eran a cielo descubierto, con piso de tierra y los comederos eran de chapa galvanizada (frente de ataque: 0,6 m/v).

2.6. MEDICIONES EXPERIMENTALES Y ANALISIS DE MUESTRAS

2.6.1. Mediciones en los animales y toma de muestras

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 de dos ordeños consecutivos a través del método de espectroscopia de infrarrojo cercano (*Near Infrared Reflectance Spectroscopy-NIRS*, Milko-Scan, Fross Electric, Hillerød, Denmark). La concentración de energía en leche en Mcal / L se calculó de acuerdo a la fórmula (NRC, 2001):

$$\text{Eleche} = ((0,0929 \cdot \text{grasakg}) + (0,0547 \cdot \text{protkg}) + (0,0395 \cdot \text{lactkg})) \cdot 100$$

Donde,

Eleche = Energía neta contenida en leche (Mcal/L)

Grasakg = kilogramos de grasa producidos

Protkg = kilogramos de proteína producidos

Lactkg = kilogramos de lactosa producidos

La CC y el PV de los animales se determinó semanalmente, luego del ordeño matutino sin ayuno previo. La CC fue determinada siempre por el mismo observador utilizando una escala de 5 puntos (1- flaca y 5 – gorda, Edmonson et al., 1989).

El consumo total de MS se estimó en dos momentos durante el experimento: el primero fue a los 28 DPP (Per 1 entre el 17 de abril y el 22 de abril) y el segundo a los 84 DPP (Per 2 11 de Junio al 17 de Junio). El consumo de MS de pastura se estimó a través del uso de alcanos como marcadores fecales indigestibles (Dove y Mayes, 1991). Los alcanos se dosificaron diariamente luego de cada ordeño, en forma de pellet de celulosa y con el uso de una pistola diseñada con tal fin, durante 12 días consecutivos. Durante el Per 1 se dosificaron

10 animales por tratamiento, de los tratamientos **P6** y **P9**, y durante el Per 2 se dosificaron 10 animales por tratamiento, de los tratamientos **P6** y **Pos-ENCIERRO**.

Las muestras de heces se recolectaron luego de la dosificación de los alcanos entre los días 6 y 12 de dosificación y se congelaron inmediatamente en un freezer (-20 °C). Luego fueron descongeladas y secadas en estufas de aire forzado a 60 °C y molidas en molino con malla de 2 mm. Las muestras fueron compuestas por vaca en cada período de medición y fueron enviadas al Laboratorio de Nutrición Animal (EMBRAPA Pecuária Sul, Bagé, RS, Brasil) para su análisis. El cálculo del consumo de MS de forraje fue estimado a través de las ecuaciones propuestas por Dove y Mayes (1991). La extracción de los alcanos y su determinación se realizó a través de la técnica descrita por Dove y Mayes (2006). La identificación y cuantificación de los alcanos fueron hechas por CG utilizando un cromatógrafo SHIMADZU GC-2010 equipado con detector de ionización de llama (FID), un carretel autosampler AOC-20S y un inyector auto-inyector AOC-20i. Los alcanos extraídos fueron inyectados (1 µl) en una columna Rtx[®]-5 RESTEK (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm, absorbente compuesto por 5% difenil y 95% dimitil polisiloxane). El gas de arrastre fue O₂ con un flujo constante de 30 ml/min. Los gradientes de temperatura fueron controlados para el inyector (270°C) y la columna (170°C por 1 min; 30°C/min hasta 215°C, espera de 1 min y 6°C/min para 300°C; 21 min). La temperatura del FID se mantuvo a 340°C. El procedimiento de GC fue calibrado con una solución de padrón externo conteniendo una mezcla sintética de los alcanos C₇ a C₄₀ (>99% de pureza, Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, MO, USA) con concentraciones similares a aquellas encontradas en los extractos. Las áreas de los picos cromatográficos correspondientes a cada alcano fueron determinadas a través del software *Shimadzu GC Solution*, donde la identificación de los alcanos de largo de cadena entre C₂₀ y C₃₅ fue basada en la comparación con el padrón externo, por el tiempo de retención medio de cada alcano en la columna. Los picos identificados se convirtieron en cantidades de alcanos tomando como referencia al padrón interno C₃₄ y calculados en mg/kg de MS de heces y de forraje.

Durante los días de dosificación, en ambos períodos, cuatro animales de cada uno de los tratamientos elegidos por similitud en NL, CC, PV, DPP y producción, fueron

suplementados con la DTM en encierros individuales. Este manejo se realizó con el fin de estimar el consumo de la misma como la diferencia entre oferta y rechazo individual.

Diariamente, durante todo el período experimental, se registró el peso de la DTM rechazada por los animales de los distintos tratamientos en los comederos grupales. En el caso del tratamiento **ENCIERRO** se estimó el rechazo tanto en la mañana como en la tarde, previo a la disposición del alimento fresco. Semanalmente, se pesaba la oferta de alimentos en comederos con una balanza móvil con el fin de controlar la oferta de DTM.

2.6.2. Muestreo y análisis de alimentos

Semanalmente se tomaron muestras de concentrado, ensilaje y DTM para análisis de composición química. Las muestras se tomaron tanto de los alimentos separados en sus lugares de almacenaje, como del alimento ofrecido y rechazado por cada tratamiento en los comederos.

Durante los períodos de determinación de consumo, en cada período, se tomaron muestras de pastura para determinar su composición química y concentración de alfanos. Este muestreo se realizó a través del método de “*hand clipping*” modificado, previo a la entrada de los animales a la nueva parcela, simulando el consumo realizado por éstos en la parcela anterior. Todas las muestras tomadas, tanto las de forraje como las de concentrado, se secaron en un horno de aire forzado a 60 °C y luego se molieron en un molino con malla de 2 mm.

El forraje y los suplementos fueron enviados al laboratorio de Nutrición Animal, de la Facultad de Agronomía (UdelaR) para analizar su contenido de MS, cenizas y nitrógeno, según los métodos 167.03, 942.05 y 984.13 de AOAC (1990), respectivamente. 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). La fibra detergente neutro fue analizada sin una amilasa estable al calor. Los contenidos de fibra son expresados con cenizas residuales.

Luego de conocido el consumo de DTM y pasturas de cada tratamiento se calculó la proporción de pastura incluida en la dieta de los tratamientos en pastoreo realizando el cálculo de cuánto representaba la pastura y la DTM en relación al consumo total. También se calculó la proporción de forraje total de la dieta, como el forraje de la DTM consumida + el forraje verde de la pastura, en relación al consumo total. En el caso del tratamiento **ENCIERRO** la proporción de forraje y concentrados fue la misma de la DTM ofrecida.

2.6.3. Determinaciones de comportamiento

El comportamiento grupal en pastoreo de los tratamientos **P6** y **P9** se registró día por medio a través de observación visual en el Per 1 entre el 18 de abril y el 28 de abril (34 ± 10 DPP). Durante el Per 2, éste se registró en los tratamientos **P6** y **Pos-ENCIERRO** día por medio entre los días 8 de junio y 17 de junio (83 ± 10 DPP). El registro de comportamiento grupal en pastoreo consistió en la observación y registro cada 15 min durante toda la sesión de pastoreo del número de vacas comiendo (aprehensión y manipuleo de forraje), rumiando (re-masticación del bolo) o descansando (el animal se encuentra realizando cualquier actividad que no sean las dos anteriores). Para realizar dicho muestreo trabajaron 6 observadores en ambos periodos de observación.

El comportamiento en pastoreo individual se midió a través del uso de registradores automáticos de comportamiento (SSBR, Rutter et al., 1997). Estos dispositivos se utilizaron día por medio en seis vacas por tratamiento en los mismos periodos que se realizó el registro del comportamiento grupal. Los equipos se colocaban a los animales luego del ordeño matutino y se retiraban luego de la salida de la pastura, cuando se descargaba la información registrada para su posterior análisis. Los datos de cada tratamiento se analizaron utilizando el software IGER GRAZE (Rutter et al., 1997).

2.6.4. Determinaciones en rumen

Las vacas primíparas fistuladas luego de la recuperación de la cirugía, fueron asignadas al azar, dos a cada uno de los tratamientos **P6** y **ENCIERRO**, en los cuales permanecieron durante los 90 días experimentales. En éstas se tomaron muestras de líquido ruminal con el fin de determinar pH ruminal, durante dos días consecutivos en el Per 2 (65 y

66 DPP). Las muestras fueron tomadas en los horarios 05:30, 08:00, 09:20, 10:30, 12:00, 13:30, 15:00, 16:30, 18:30, 20:30 y 23:00 h.

También se almacenaron muestras con el fin de determinar la concentración de AGV en los horarios 05:30, 08:00, 12:00, 16:30, 20:30 y 23:00 h. Éstas fueron conservadas con ácido Ortofosfórico al 98 % y conservadas en freezer (-20 °C), luego se enviaron al laboratorio de Nutrición de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, Argentina para ser analizadas. Las concentraciones de ácidos grasos volátiles se determinaron por cromatografía gaseosa (Friggens et al., 1998), para este proceso se utilizó un equipo Konik 5000B con automuestreador Robokrom® GC.

2.6.5. Clima

Durante todo el período experimental se registró información de clima en la Estación meteorológica de la EEMAC, donde se registra diariamente la temperatura mínima, máxima y promedio en grados Centígrados (°C) y las precipitaciones en milímetros (mm).

2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La información productiva se analizó con un modelo mixto de medidas repetidas en el tiempo, con el uso del procedimiento GLIMMIX de SAS 9.2 (2010). El modelo incluyó los efectos fijos de los tratamientos, semanas y la interacción semana x tratamiento y bloque como efecto aleatorio. La unidad experimental sobre la que se realizaron las medidas repetidas fue la vaca. La estructura de covarianzas elegida fue una estructura de primer orden heterogénea y auto-regresiva en base al criterio de Akaiki. Las medias se compararon usando la prueba de Tukey y un efecto se reportó como significativo cuando $P < 0,05$ y se considera tendencia a valores de $P > 0,05$ y $< 0,1$.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \delta_{ij} + f_k + (f\tau)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

μ : Media

τ_i : Efecto del tratamiento i i= 1,2,3

β_j : Efecto del bloque j j= 1,2,3,...,18

δ_{ij} : Error asociado al diseño experimental

f_k : Efecto de la fecha k de medición k=1,2,3,..., k

$(f\tau)_{ik}$: Interacción tratamiento x fecha

ε_{ijk} : Error $\varepsilon_{ijk} \sim N e I (0, \delta^2)$

La probabilidad de encontrar animales comiendo, rumiando o descansando se analizó a través del procedimiento GLIMMIX de SAS 9.2 (2010). El modelo incluyó los efectos fijos de los tratamientos, hora y su interacción. La unidad experimental en este caso fue el grupo de animales de un mismo tratamiento. Las medias se compararon usando la prueba de Tukey y un efecto se reportó como significativo cuando $P < 0,05$, y se considera tendencia a valores de $P > 0,05$ y $< 0,1$.

$$\text{Ln}(p/1 - p) = \beta_0 + \tau_i + \gamma_j + (\tau\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

β_0 : intercepto

τ_i : Efecto del tratamiento i i= 1,2,3

γ_j : Efecto del periodo de medición j j= 1,2,3,4

$(\tau\gamma)_{ij}$: interacción periodo x tratamiento

ε_{ij} : Error

Los valores de pH y la concentración de ácidos grasos volátiles fueron analizados como medidas repetidas en el tiempo utilizando el procedimiento GLIMMIX de SAS (2001). El modelo incluyó los efectos fijos de tratamiento, hora de muestreo, interacción hora x tratamiento, y el efecto aleatorio de vaca anidado dentro del tratamiento y el error residual. La estructura de covarianzas elegida fue una estructura de primer orden heterogénea y auto-

regresiva en base al criterio de Akaike. Las medias se compararon usando la prueba de Tukey y un efecto se reportó como significativo cuando $P < 0,05$, y se considera tendencia a valores de $P > 0,05$ y $< 0,1$.

El consumo de MS de DTM se analizó con un modelo mixto de medidas repetidas en el tiempo, con el uso del procedimiento GLIMMIX de SAS 9.2 (2010). El modelo incluyó los efectos fijos de los tratamientos, fecha, la interacción fecha x tratamiento y el efecto aleatorio de vaca anidado dentro del tratamiento y el error residual. La unidad experimental sobre la que se realizaron las medidas repetidas fue la vaca. La estructura de covarianzas elegida fue una estructura de primer orden heterogénea y auto-regresiva en base al criterio de Akaike. Las medias se compararon usando la prueba de Tukey y un efecto se reportó como significativo cuando $P < 0,05$, y se considera tendencia a valores de $P > 0,05$ y $< 0,1$.

3. RESULTADOS

3.1. CLIMA

Las precipitaciones fueron de 55, 149, 132 y 117 mm en marzo, abril, mayo y junio, respectivamente (Estación meteorológica de la EEMAC, 2011). El promedio histórico para Paysandú en estos meses fue de 147, 103, 77 y 70 mm, respectivamente (Dirección Nacional de Meteorología, período 1961-1990). La temperatura promedio durante los meses de marzo, abril, mayo y junio fue de 22,2, 14,4, 14,9 y 11,8 °C respectivamente, encontrándose dentro del rango esperado para la época (Dirección Nacional de Meteorología, período 1961-1990).

3.2. PASTURA Y DTM, OFERTA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA

En el cuadro 1 se presenta los ingredientes y la composición química de la DTM tanto con el ensilaje de sorgo como con el de maíz. En este se observa que frente al cambio de ensilaje la DTM sufrió variaciones en su composición y presentó una mayor concentración energética.

Cuadro 1. Componentes de la DTM¹ y composición química de la mezcla

	DTM con maíz ³	DTM con sorgo ⁴
<i>Componente, % MS</i>		
Grano de Maíz	19	19
Grano de cebada	12	12
Expeler de soja	9	9
Expeler de girasol	11	11
Urea	0,3	0,3
Carbonato de calcio	0,9	0,9
Di-fosfato de calcio	0,3	0,3
Oxido de magnesio	0,3	0,3
Bicarbonato de sodio	0,8	0,8
Vitaminas y minerales	0,9	0,9
Ensilaje	45	45
<i>Contenido de nutrientes, base seca</i>		
MS, g/kg	492 ± 29,8	597 ± 42,9
PC, g/kg MS	149 ± 23,7	167 ± 18,1
FDN, g/kg MS	348 ± 41,2	271 ± 21,8
FDA, g/kg MS	189 ± 31,0	141 ± 16,0
Cenizas, g/kg MS	72 ± 8,8	72 ± 0,78
ENI, Mcal/kg ²	1,63	1,7

¹Relación forraje/concentrado: 45/55

²ENI (Mcal/kg MS) = 1,909 - (0,015 x % FDA)

³Se utilizó ensilaje de maíz entre los 0-74 DPP

⁴Se utilizó ensilaje de sorgo entre los 75-90 DPP

Las características de la pastura durante el período experimental se presentan en el cuadro 2, donde la disponibilidad y altura del forraje (kg MS/ha) no presentaron grandes variaciones de abril a junio. Sin embargo, los resultados del “hand clipping” de la pastura (cuadro 3) muestran que la composición química de ésta fue diferente entre Abril (Per 1) y Junio (Per 2), obteniéndose valores más altos de proteína cruda (18,4 vs. 14,6 %), así como valores menores de concentración de FDN (42,7 vs. 53,1 %) en Junio respecto a Abril. Estas diferencias estuvieron asociadas a factores climáticos, ya que durante el mes de marzo las

precipitaciones fueron menores al promedio histórico (Dirección Nacional de Meteorología, período 1961-1990), normalizándose en los meses siguientes y a la fertilización nitrogenada realizada durante el Per 1 en el mes de mayo.

Cuadro 2. Principales características de la pastura (promedio y desvío estándar) ofrecida a los animales durante el período experimental

Mes	Disponibilidad de forraje (kg MS/ha)	Altura promedio (Rising Plate Meter®)	Altura promedio (cm)
Marzo	1642 ± 7,8	15 ± 0,1	11,2 ± 4,1
Abril	1800 ± 172,8	17 ± 2,0	17,3 ± 7,6
Mayo	1873 ± 163,4	18 ± 1,9	17,9 ± 7,1
Junio	1834 ± 44,2	17 ± 0,5	19,0 ± 6,7

Cuadro 3. Composición química de la pastura en abril (32 ± 3 DPP) y junio (83 ± 3 DPP)

	Pastura Abril	Pastura Junio
<i>Contenido de nutrientes</i>		
MS, g/kg	371 ± 21	279 ± 14
PC, g/kg MS	146 ± 7	184 ± 14
FDN, g/kg MS	531 ± 3	427 ± 0,3
FDA, g/kg MS	272 ± 7	201 ± 0,3
Cenizas, g/kg MS	102 ± 7	114 ± 0,5
ENI, Mcal/kg*	1,52	1,72

*Estimado utilizando la ecuación: ENI (Mcal/kg MS) = 2,301-(0,0289x%FDA)

3.3. RESULTADOS DEL PER 1 (0 a 60 DPP)

3.3.1. Producción y composición de leche, peso vivo y condición corporal

Los animales en **ENCIERRO** produjeron un 7,7 % más litros de leche que los animales en **P6** y un 6,8 % más litros de leche que los animales en **P9**, mientras que entre los tratamientos en pastoreo no se encontraron diferencias (cuadro 4). En la figura 3 se muestra la evolución de la producción de leche según los DPP, donde se observa que los animales en **ENCIERRO** produjeron más leche que los tratamientos en pastoreo a partir del día 35 pos parto indicando la existencia de interacción entre tratamiento y semana postparto.

Sin embargo, esta diferencia en producción de leche no se tradujo en diferencias en producción de energía en leche, donde **ENCIERRO** no se diferenció de los tratamientos en pastoreo (cuadro 4). La producción de grasa no fue diferente entre tratamientos, detectándose como significativa únicamente una diferencia de 100 g de proteína entre **ENCIERRO** y los tratamientos **P6** y **P9**.

Cuadro 4. Producción, composición de leche, peso vivo y condición corporal (CC) de los animales alimentados únicamente con DTM en corrales (**ENCIERRO**) y de los animales en pastoreo suplementados con 50 % DTM (**P6** y **P9**)

	Tratamientos			EE	Efectos ¹ , $P \leq$		
	ENCIERRO	P6	P9		T	S	T x S
<i>Producción</i>							
Leche, l/d	35,3 ^a	32,1 ^b	32,9 ^b	0,43	<,0001	<,0001	<,0001
Grasa %	3,7 ^b	4,0 ^a	3,9 ^{ab}	0,10	0,04	<,0001	0,44
Grasa kg/d	1,3	1,3	1,3	0,05	0,70	0,49	0,94
Proteína %	3,3	3,4	3,3	0,06	0,49	<,0001	0,06
Proteína kg/d	1,2 ^a	1,1 ^b	1,1 ^b	0,04	0,02	<,0001	0,14
ELeche ²	25,6	24,8	24,5	0,97	0,52	0,06	0,78
Peso Vivo, kg	634	623	637	9	0,49	0,33	0,72
CC ³	2,9 ^a	2,8 ^{ab}	2,7 ^b	0,06	0,008	<,0001	0,25

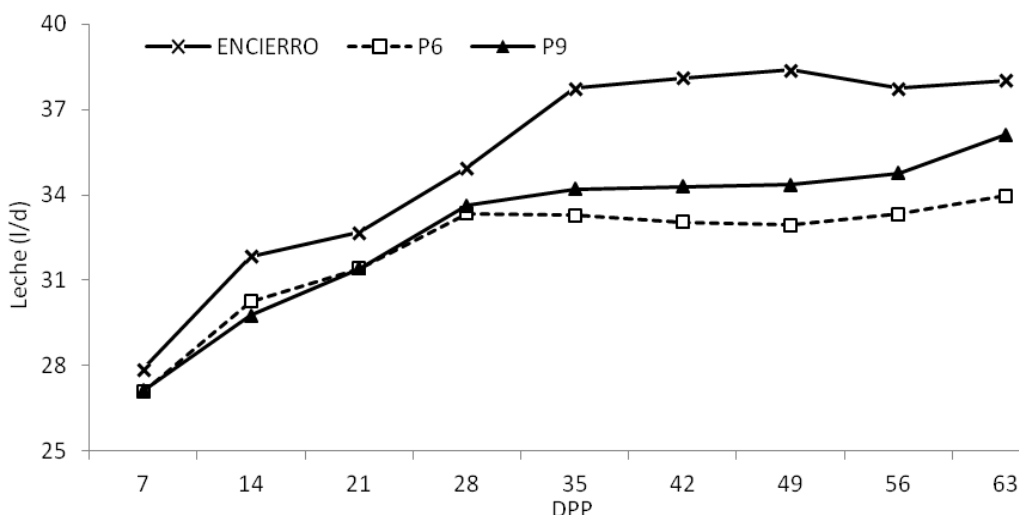
^{a,b,c} letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas ($P < 0,05$)

¹T = tratamiento, S = semana, T x S = tratamiento x semana

²ELeche = contenido de energía en leche (Mcal/d).

³Escala de 5 puntos (1 = flaca, 5 = gorda; Edmonson et al., 1989)

Figura 3. Producción de leche promedio según días posparto (DPP) para los tratamientos: dieta total mezclada (**ENCIERRO**), un pastoreo + 50 % DTM (**P6**) y doble pastoreo + 50 % DTM (**P9**)



Los tratamientos generaron diferencias en CC presentando **ENCIERRO** una mayor CC que **P9** (cuadro 4), y **P6** presentó una tendencia a una mayor CC que **P9** ($P = 0,084$), no difiriendo de **ENCIERRO**. El peso vivo no difirió entre tratamientos (cuadro 4).

3.3.2. Consumo de materia seca

El consumo de materia seca se presenta en el cuadro 5 donde los valores de consumo de forraje corresponden al consumo estimado mediante el uso de alcanos y el consumo de DTM se corresponde a lo estimado mediante la diferencia entre oferta y rechazo en animales individuales. Se observa que el consumo total de MS del tratamiento **ENCIERRO** fue 5,8 kg/d mayor que el tratamiento **P6**, lo cual corresponde a 10,1 Mcal/d y 5,7 kg/d mayor que **P9**, 10,1 Mcal/d. Los tratamientos en pastoreo presentaron un consumo total similar, sin embargo se compone de diferentes alimentos, ya que **P9** consumió 1,1 kg MS de forraje más que **P6** y **P6** consumió 1 kg MS de DTM más que **P9**.

La relación pastura – DTM de la dieta consumida por el tratamiento **P6** fue de 28 - 72 %, con una relación forraje - concentrado de 61 – 39 %. En el caso de **P9** la relación pastura – DTM fue de 33 – 67 %, con una relación forraje - concentrado de 63 – 37 %. Mientras que

para el tratamiento DTM la relación forraje - concentrado fue de 45 – 55 %, tal como estaba planteada en el diseño del experimento.

Cuadro 5. Consumo de MS y ENL de los tratamientos **ENCIERRO** (100 % DTM en encierros), **P6** y **P9** (animales en pastoreo suplementados con 50 % DTM)

	Tratamientos		
	ENCIERRO	P6	P9
Consumo total, MS/d	26,8	21	21,1
DTM, kg/d	26,8 ± 0,23 ^a	15,1 ± 0,23 ^b	14,1 ± 0,23 ^c
Pastura, kg/d	...	5,9 ± 0,33 ^b	7,0 ± 0,33 ^a
Total, % PV	4,2	3,4	3,3
Consumo ENL ¹ (Mcal/d)	43,7	33,6	33,7

^{a,b,c} letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas ($P < 0,05$)

¹ENI = contenido de energía neta lactación de la materia seca consumida (Mcal/d)

3.3.3. Comportamiento grupal e individual en pastoreo

3.3.3.1. Comportamiento grupal en pastoreo

El cuadro 6 muestra la proporción de animales pastoreando o rumiando durante el acceso matutino de los animales a la pastura. Se destaca que las vacas en **P6** dedican una mayor proporción del tiempo (63 % vs. 38 %) en la pastura a cosechar forraje respecto a **P9** durante la mañana. La probabilidad de rumia fue mayor para **P9** que para **P6**.

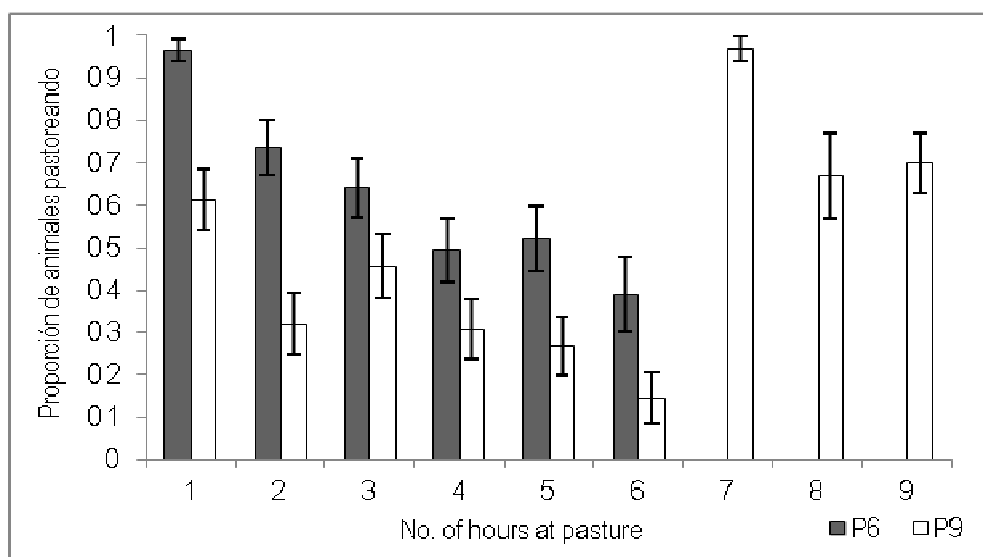
Al observar la evolución del comportamiento de los animales a lo largo de la permanencia en la pastura (figura 4), se observa que **P9** presentó una menor proporción del tiempo pastoreando durante las primeras 6 h de ocupación respecto a **P6**. Sin embargo, durante el acceso vespertino a la parcela, **P9** presentó una proporción del tiempo empleado en pastorear alta durante las 3 h de acceso (figura 4). Durante la mañana hubo un efecto de la hora en la pastura sobre las variables ($P < 0,0001$) que se puede apreciar en la figura 4, pero no se detectó una interacción tratamiento x hora ($P = 0,18$).

Cuadro 6. Proporción de tiempo empleado en pastorear y rumiar durante el acceso matutino de los tratamientos **P6**: un pastoreo diario + 50 % DTM y **P9**: dos pastoreos diarios + 50 % DTM

Tratamiento	Pastoreo	Rumia
P6	0,63 ^a ± 0,05	0,20 ^b ± 0,03
P9	0,38 ^b ± 0,05	0,33 ^a ± 0,03

a,b,c letras diferentes dentro de una columna muestra diferencias estadísticas ($P < 0,05$)

Figura 4. Proporción de animales pastoreando durante la permanencia en la pastura según hora para los tratamientos **P6**: un pastoreo diario + 50 % DTM y **P9**: dos pastoreos diarios + 50 % DTM



3.3.3.2. Comportamiento ingestivo individual en pastoreo

Los resultados de comportamiento individual obtenidos con los equipos de registro automático (cuadro 7), muestran diferencias en el tiempo total de pastoreo y en el tiempo de pastoreo en las primeras tres horas de ocupación de la pastura. El tratamiento **P9** dedica una hora más al día en pastorear respecto a **P6**, sin embargo durante las primeras tres horas de ocupación de la parcela, pastorea 49 min menos que éste.

La discriminación entre movimientos mandibulares de aprehensión y masticación realizada por los equipos de registro individual de comportamiento no difirió entre

tratamientos a pesar de las diferencias en tiempo y distribución del tiempo de pastoreo (cuadro 8).

Cuadro 7. Tiempo total (min) y según horas en la pastura dedicado a pastorear para los tratamientos: **P6** (un pastoreo diario + 50 % DTM) y **P9** (dos pastoreos diarios + 50 % DTM)

<i>Tiempo (min)</i>	P6	P9	EE
Pastoreo total	304 ^b	362 ^a	15,2
Pastoreo en la primer hora	52	49	2,1
Pastoreo en las tres primeras horas	155 ^a	106 ^b	4,6

^{a,b,c} letras diferentes dentro de una columna muestra diferencias estadísticas ($P < 0,05$)

Cuadro 8. Número y tipo de movimientos mandibulares registrados con equipos de registro de comportamiento individual para los tratamientos: **P6** (un pastoreo diario + 50 % DTM) y **P9** (dos pastoreos diarios + 50 % DTM)

	P6	P9
No. bocados aprehensión	14.438 ± 634	14.985 ± 623
No. bocados masticación	2.410 ± 260	2.517 ± 256
Bocados*min ⁻¹	55	48

3.4. RESULTADOS DEL PER 2 (61 A 90 DPP)

3.4.1. Producción y composición de leche, peso vivo y condición corporal

Durante el Per 2 no se encontraron diferencias en producción de leche en composición de la leche, y energía contenida en leche entre tratamientos (cuadro 9). La figura 5 muestra la evolución de la producción de leche para ambos tratamientos para el período uno y dos. Los tratamientos en este período tampoco difirieron en CC y PV como se observa en el cuadro 9. Sin embargo, hubo una interacción tratamiento x semana, debido a que la CC para el tratamiento **P6** disminuyó entre los 63 y los 77 DPP de 2.8 a 2.5 y luego volvió a recuperarse hacia los 84 DPP con una CC de 2.75, mientras que **Pos-ENCIERRO** permaneció sin cambios con un promedio de 2.8 puntos de CC.

Cuadro 9. Producción y composición de leche, peso vivo y condición corporal (CC) de los animales de los tratamientos **Pos-ENCIERRO** (pastura + suplementación con DTM) y **P6** (pastura + suplementación con DTM)

	Tratamientos		Efectos ¹ , $P \leq$			
	Pos-ENCIERRO	P6	EE	T	S	T x S
<i>Producción</i>						
Leche, L/d	36,8	35,4	1,18	0,12	0,01	0,79
Grasa, %	3,5	3,7	0,14	0,33	0,004	0,41
Grasa, kg/d	1,3	1,3	0,06	0,79	0,42	0,64
Proteína, %	3,3	3,4	0,07	0,56	0,01	0,36
Proteína, kg/d	1,2	1,2	0,05	0,81	0,12	0,49
ELeche ²	25,9	25,7	1,14	0,87	0,98	0,79
Peso Vivo, kg	619	631	19	0,67	0,37	0,99
CC ³	2,8	2,6	0,10	0,19	0,05	0,05

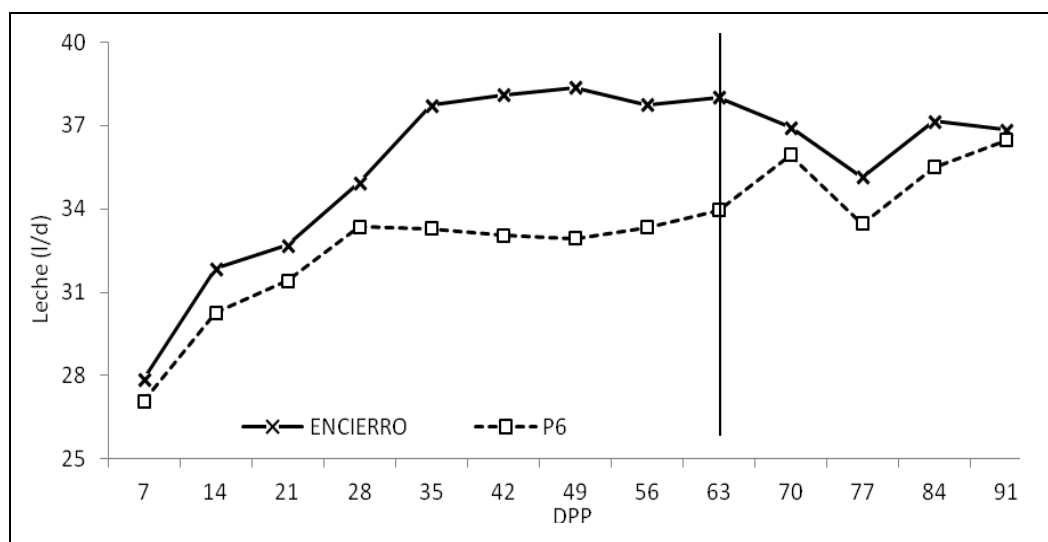
a,b,c letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas ($P < 0,05$)

¹T = tratamiento, S = semana, T x S = tratamiento x semana

²ELeche = contenido de energía en leche (Mcal/d).

³Escala de 5 puntos (1 = flaca, 5 = gorda; Edmonson et al., 1989)

Figura 5. Evolución de la producción de leche según días pos parto para los periodos uno y dos para los tratamientos **Pos-ENCIERRO** y **P6**, ambos con un pastoreo diario + 50 % DTM



3.4.2. Consumo de materia seca

El consumo de materia seca se presenta en el cuadro 10. Los valores de consumo de forraje corresponden al consumo estimado mediante el uso de alcanos y el consumo de DTM se corresponde a lo estimado mediante la diferencia entre la oferta y el rechazo en animales individuales. No se encontraron diferencias significativas en el consumo de materia seca de forraje ($P = 0,24$), encontrándose una diferencia de 0,5 kg MS en el consumo de DTM ($P = 0,0524$), por lo que el consumo de ENL (Mcal/d) fue similar.

La relación pastura – DTM de la dieta de los animales de **Pos-ENCIERRO** fue de 18 – 82 %, con una relación forraje – concentrado de 55 – 45 % mientras que para el tratamiento **P6** la relación pastura – DTM fue de 20 – 80 % y la relación forraje – concentrado de 56 – 44 %.

Cuadro 10. Consumo de MS, PC y ENL de los tratamientos **Pos-ENCIERRO** y **P6** (animales en pastoreo suplementados con 50 % DTM)

	Tratamientos	
	Pos-ENCIERRO	P6
Consumo total, kgMS/d	24,8	24,9
DTM, kg/d	20,4 ^x ± 0,17	19,9 ^y ± 0,17
Pastura, kg/d	4,4 ± 0,33	5,0 ± 0,33
Consumo total, % PV	4,0	4,0
Consumo ENL ¹ (Mcal/d)	42,2	42,4

^{a,b,c} letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas ($P < 0,05$)

^{x,y,z} letras diferentes en la misma fila muestran tendencia estadística ($0,05 < P < 0,1$)

¹T = tratamiento, S = semana, T x S = tratamiento x semana

²ENL = contenido de energía neta lactación de la materia seca consumida (Mcal/d).

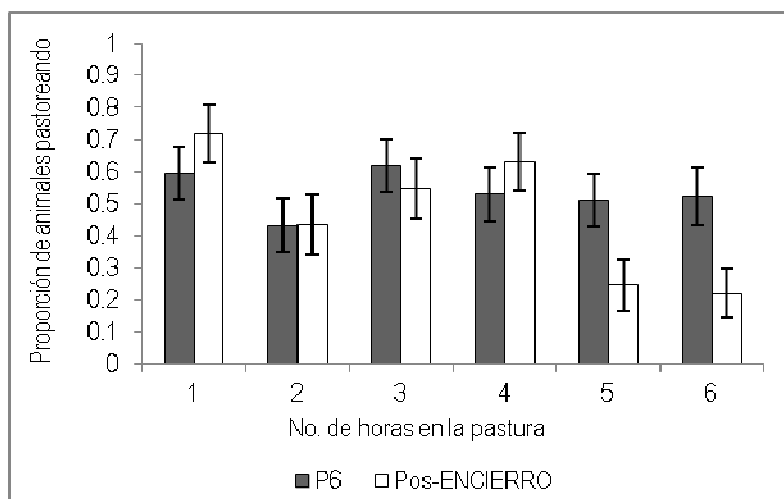
3.4.3. Comportamiento grupal e individual en pastoreo

3.4.3.1. Comportamiento grupal en pastoreo

Durante este período no se encontraron diferencias entre tratamientos en lo que respecta a comportamiento en pastoreo, con una proporción del tiempo empleado en pastorear de 0,54 y $0,46 \pm 0,06$ para **P6** y **Pos-ENCIERRO** respectivamente ($P = 0,39$). La proporción del tiempo empleado en rumiar para ambos tratamientos fue de $0,3 \pm 0,04$ ($P = 0,75$). En la figura 6 se muestra la evolución de la proporción de animales pastoreando a lo

largo de la permanencia en la pastura, donde se puede observar el efecto de la hora ($P = 0,001$) y una tendencia a la interacción tratamiento x hora ($P = 0,058$) sobre ésta. La interacción se debe a que las vacas pastorearon en una proporción similar durante las primeras 4 horas de ocupación de la parcela, sin embargo durante las horas 5 y 6 las vacas de **Pos-ENCIERRO** tendieron a presentar una menor proporción de animales pastoreando que **P6** ($P < 0.05$).

Figura 6. Proporción de animales pastoreando durante la permanencia en la pastura según hora para los tratamientos **Pos-ENCIERRO** y **P6**: un pastoreo diario + 50 % DTM



3.4.3.2. Comportamiento ingestivo individual en pastoreo

Los equipos de registro de comportamiento no mostraron diferencias en el tiempo total dedicado a pastoreo entre los tratamientos ($217 \pm 15,4$ min, $P = 0,89$), así como tampoco diferencias en la distribución de éste a lo largo de las horas, como se puede observar en el cuadro 11. El número y tipo de movimientos mandibulares tampoco fue diferente entre tratamientos (cuadro 12).

Cuadro 11. Tiempo total (min) y según hora en la pastura dedicados a pastorear y rumiar para los tratamientos: **Pos-ENCIERRO** y **P6** (un pastoreo diario + 50 % DTM)

Tiempo (min)	Pos-ENCIERRO	P6	EE
Pastoreo Total	215	218	15,4
Pastoreo en la primer hora	49	42	8,2
Pastoreo en las tres primeras horas	87	78	6,8
Rumia Total	160	157	8,8

Cuadro 12. Número y tipo de movimientos mandibulares registrados con equipos de registro de comportamiento individual para los tratamientos: **Pos-ENCIERRO** y **P6** (un pastoreo diario + 50 % DTM)

	Pos-ENCIERRO	P6
No. bocados aprehensión	11.719 ± 844	11.636 ± 904
No. bocados masticación	1.875 ± 323	2.022 ± 346
Bocados * min ⁻¹	62	64

3.4.4. Patrones de fermentación ruminal

El valor de pH promedio fue menor en **P6** vs. **Pos-ENCIERRO** (6,48 vs. 6,58 ± 0,03, respectivamente, $P = 0,047$). Sin embargo su evolución a lo largo del día (figura 7) es similar para ambos tratamientos, donde se observa una caída brusca de los valores de pH al ingresar a los corrales en donde se les ofrecía la suplementación con DTM.

La concentración de ácidos grasos volátiles totales de **P6** fue mayor que **Pos-ENCIERRO** (147,1 vs. 132,8 ± 3,08 mM/L, respectivamente, $P = 0,047$). Esta diferencia se explica principalmente por una mayor concentración de acético (C2) para el tratamiento **P6** vs. **Pos-ENCIERRO** (98,5 vs. 89,2 ± 1,73, respectivamente, $P = 0,0018$), que también presentó un efecto de la hora ($P < 0,0001$) y una interacción tratamiento x hora ($P = 0,012$) como se observa en la figura 8. La concentración de acético (C4) también fue mayor en el tratamiento **P6** vs. **Pos-ENCIERRO** (19,4 vs. 15,6 ± 1,13, respectivamente, $P = 0,043$) y

también presentó un efecto de la hora ($P = 0,0001$) y de la interacción tratamiento x hora ($P = 0,01$) como se muestra en la figura 8.

Figura 7. Evolución de los valores de pH ruminal a lo largo del día para los tratamientos **Pos-ENCIERRO** y **P6** (un pastoreo + 50 % DTM)

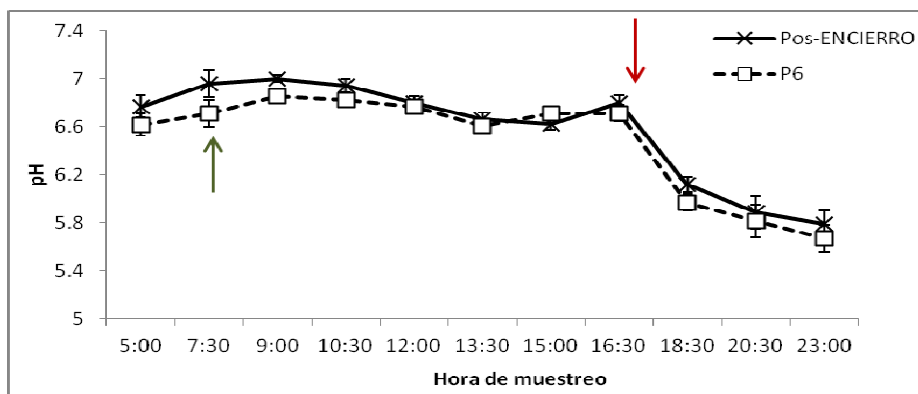
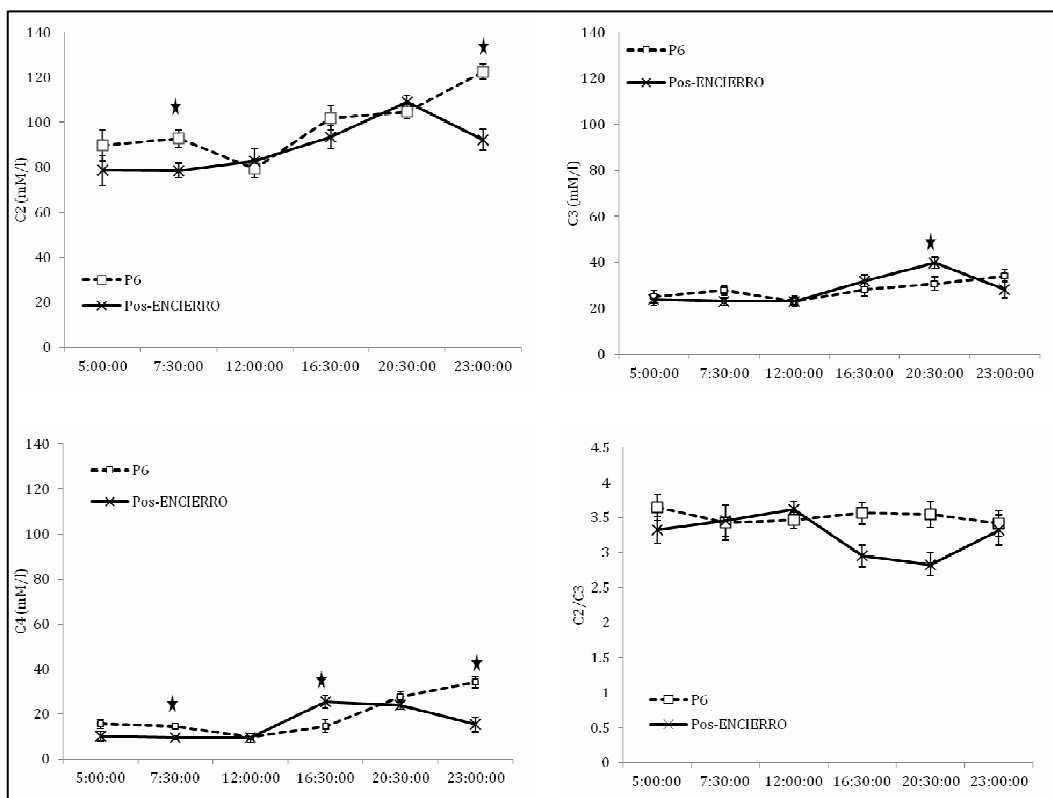


Figura 8. Evolución de la concentración de los ácidos grasos volátiles en rumen C2, C3 y C4 y relación C2/C3 a lo largo del día para los tratamientos **Pos-ENCIERRO** y **P6** (un pastoreo + 50 % DTM)



4. DISCUSIÓN

4.1. PERÍODO 1 (0 A 60 DPP)

4.1.1. Producción y composición de leche, condición corporal y consumo de materia seca

4.1.1.1. 100 % DTM vs. DTM + pastura

La alimentación durante los primeros 60 DPP generó diferencias en producción de leche, obteniéndose en promedio un 7 % más en animales alimentados únicamente con DTM respecto a animales alimentados con pasturas y DTM. Estas respuestas están en línea con la bibliografía, aunque algo menores a las reportadas por Vibart et al. (2008) y Acosta et al. (2010) en torno al 14 % y Sprunck et al. (2012a) de 24 %.

El tratamiento **ENCIERRO** a pesar de tener un mayor consumo estimado de MS (kg/d) (cuadro 5) y una mayor producción en litros de leche (cuadro 4), no presentó una mayor producción de energía en leche que los tratamientos en pastoreo. Con el objetivo de interpretar este resultado se analizó el balance energético de estos animales basado en las ecuaciones del NRC (2001) y un análisis nutricional de la dieta ofrecida a los animales con el uso del programa PC Shield (2013). La demanda de energía del tratamiento DTM fue estimada en 35,3 Mcal/d (9,5 Mcal de EN mantenimiento y 25,8 Mcal EN leche) mientras que la oferta de ENL fue de 47,1 Mcal/d (43,7 Mcal de la DTM consumido y 3,4 Mcal de la movilización de reservas), lo que resulta en una diferencia de 11,8 Mcal/d. La diferencia entre energía consumida y energía requerida se puede explicar en base a tres fuentes de variación principales: a) sub-estimación de la ENm requerida, b) pérdidas de energía debido a ineficiencias a nivel digestivo y c) errores inherentes al método de determinación del consumo de MS de DTM.

Se considera que la estimación de requerimientos de ENm de este tratamiento puede haber sido subestimada debido a que las condiciones ambientales de los encierros utilizados en este experimento no conciben con las condiciones en las que fueron formulados los estándares de requerimientos de mantenimiento (NRC, 2001). Los encierros utilizados eran grupales (6 animales/corral), al aire libre y con piso de tierra y presentaron formación de lodo

como se mencionó previamente debido al exceso de precipitaciones ocurrido durante los meses de mayo y junio. Todos estos factores ocasionan estrés y mayor costo de desplazamiento de los animales, lo cual puede generar aumentos en la demanda de energía de al menos un 10 %. En este caso la demanda de energía para mantenimiento sería de 10,5 Mcal/d vs. las 9,5 calculadas inicialmente. En segundo lugar, se pudo comprobar a través del uso del programa PC Shield (2013) que consumos mayores a 25 kg/d de DTM determinan una eficiencia digestiva de la dieta más baja que la estimada inicialmente. Esto se debe a déficits en la oferta de proteína insoluble degradable en rumen en el tratamiento DTM. La pérdida de eficiencia estimada fue del orden del 5 - 6 % ocasionando que la dieta pase de una concentración en ENL estimada de 1.63 a una realmente utilizada de 1.51 Mcal/kg MS.

Frente a esta situación, el consumo real de ENL del tratamiento **ENCIERRO** sería de 40,5 Mcal/d vs. los 43,7 calculados inicialmente. La diferencia restante podría ser imputable a 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, al ser arrojado al piso por los animales, se mezclaba con el lodo. Si asumimos que esta fuente de variación explica la diferencia que permanece entre energía consumida y energía demandada, las pérdidas inherentes al sistema de alimentación serían del 18 % para obtener un balance de energía cero. De esta manera obtenemos una oferta de 36,6 Mcal/d (33,2 Mcal/d consumidas y 3,4 Mcal/d de la movilización de reservas) y una demanda de 36,3 Mcal/d. Este análisis pone de relevancia el impacto de las condiciones de infraestructura tanto sobre el confort y requerimientos de mantenimiento de los animales, como la eficiencia de uso del alimento ofrecido, que en total acumuló una ineficiencia del 28 %. El diseño del experimento no previó estimar estas fugas pero marca con claridad áreas que deben ser consideradas en investigaciones posteriores y principalmente en el diseño de los sistemas comerciales de producción.

Los resultados productivos obtenidos difieren de los presentados por Bargo et al. (2002a) usando vacas Holando de 100 DPP en los que comparó sistemas: 100 % DTM vs. sistemas 30 – 61 - 9 % pastura – DTM- concentrado, respectivamente. Estos encontraron que la DTM produjo más leche que DTM + pastura (38,1 kg/d vs. 32,0 kg/d, respectivamente), sin diferencias en contenido de grasa y proteína verdadera. Adicionalmente, DTM + pastura

presentó menor PV que DTM pero similar CC. En este caso se analiza por parte de los autores que lo que estaría explicando las diferencias entre tratamientos sería, por una lado la diferencia en consumo de MS y por otro el mayor costo energético de mantenimiento de los animales en pastoreo debido a la actividad de caminata y cosecha. Las condiciones de estabulación de este experimento fueron las propias de un free-stall estándar americano. Sin embargo, resultados similares a los del presente experimento si fueron reportados por Vibart et al. (2008) con animales de 87 DPP promedio, en donde, el tratamiento con una dieta 68:32 % DTM-pastura (similar a **P6**), produjo similar volumen de leche corregida por grasa (LCG) que animales alimentados con 100 % DTM. Éstos reportan una producción de 30,8 kg/d vs. 32,3 kg/d \pm 1,8 LCG para animales 68:32 % DTM-pastura y 100 % DTM, respectivamente. Mientras que el contenido de grasa y proteína en leche fueron mayores para el tratamiento 68:32 % DTM-pastura respecto a 100 % DTM. Los autores atribuyen estos resultados a un aumento en la eficiencia de conversión del alimento (kg alimento/kg LCG 4%) que sería de 0,8 para 100 % DTM vs. 0,68 para DTM + pastura. Valores muy similares a los del presente trabajo, donde se encontró una eficiencia de 0,8 para 100 % DTM y de 0,65 para **P6** y **P9**.

Soriano et al. (2001) reportan un ensayo con vacas Holando en lactancia media (185 DPP) alimentadas con 100 % DTM; 66 % DTM en la mañana + pasturas en la tarde o 76 % DTM en la tarde + pasturas en la mañana. Estos autores encontraron que las vacas con DTM produjeron de 1 a 2 kg de leche más por día que los demás tratamientos, sin embargo no encontraron diferencias entre tratamientos en leche corregida por grasa o composición de la leche. Estos autores concluyen que con animales en lactancia media, la sustitución de DTM con pasturas de buena calidad (hasta un 30 %) permite mantener la producción, la CC y el PV. A nivel nacional, Mendoza et al. (2012b) reportan que animales alimentados con DTM vs. DTM + 4 hs de acceso a raigrás anual, no presentaron diferencias en consumo de MS total o producción de leche. Estos autores en una revisión realizada sobre el tema, sugieren que estos resultados unidos a los obtenidos en los antecedentes permiten visualizar el uso de DTM parciales como forma de producción intensiva de leche, con un producto de mayor valor nutritivo por su composición de AG y de manera más amigable con el ambiente por su menor emisión de metano (Cajarville et al., 2012).

En cuanto a la producción de sólidos, el tratamiento **ENCIERRO** no presentó diferencias en producción de grasa respecto a **P6** y **P9**. Estos resultados difieren de los encontrados en la bibliografía, en donde se reporta una superioridad de los tratamientos **ENCIERRO** respecto a los tratamientos mixtos en producción de sólidos en leche (Sprunck et al., 2012b, Acosta et al., 2010, Bargo et al., 2002a). Esto se debe a que la **ENCIERRO** presentó un menor contenido de grasa en leche frente a **P6** y por tanto, pese a una mayor producción de leche no se dieron diferencias en producción de grasa. Este menor contenido de grasa en leche para el tratamiento **ENCIERRO** se podría explicar en primer lugar por el menor contenido de fibra de la dieta consumida por los animales en **ENCIERRO**, cuya dieta tenía un porcentaje de FDN de ensilaje de 22,3 %, frente a un porcentaje de 31 % de FDN de ensilaje + pasturas para **P6**. Por otro lado, las condiciones de digestión de la fibra que pudieron verse modificadas por el contenido de fibra efectiva de la dieta, la digestibilidad de dicha fibra y por las condiciones de la población microbiana.

La deficiencia de proteína verdadera insoluble degradable en rumen detectada con el programa PC Shield (2013) que provoca una disminución en el potencial de digestión de la fibra, afecta a la población microbiana debido al déficit en aminoácidos disponibles para la formación de proteína microbiana. Siendo la población celulolítica la primera en afectarse y por tanto disminuyendo la disponibilidad de sustratos cetogénicos, lo cual repercute sobre la síntesis de grasa en leche. Por otro lado, la menor disponibilidad de proteína afecta a toda la actividad microbiana de manera que también limita la síntesis de proteína en leche que no logra acompañar la disponibilidad de sustratos glucogénicos que si estuvieron disponibles para una mayor síntesis de lactosa. En este sentido, el tratamiento **ENCIERRO** consumió una dieta con un contenido de carbohidratos no estructurales de 39% mientras que **P6** y **P9** consumieron una dieta con 33 y 32 % de carbohidratos no estructurales, respectivamente. De esta manera se explicaría el resultado obtenido, donde el tratamiento **ENCIERRO** produjo más litros de leche que no estuvieron acompañados por una superioridad en el contenido de sólidos en leche.

4.1.1.2. Efecto del tiempo de acceso sobre las variables productivas

En los tratamientos **P6** y **P9** no se obtuvieron diferencias en las variables productivas pese a las 3 horas extras de acceso a la pastura que tenía el tratamiento **P9** (cuadro 4). Las

estimaciones de consumo muestran que no hubieron diferencias en el consumo total de MS, pero si hubieron diferencias en el consumo de pastura donde **P9** consumió 1,1 kg de MS más que **P6**, sin embargo al haber este último consumido 1 kg de MS más de DTM que **P9** (cuadro 5), se obtuvo un consumo total de ENL similar entre tratamientos.

Los motivos del menor consumo de DTM por los animales de **P9** no son claros, sin embargo la observación diaria de los animales permite formular hipótesis. Ambos tratamientos, a pesar de tener igual oferta de alimentos, presentaban una rutina diferente. Los animales de **P6** luego del ordeño pm ingresaban a los comederos donde disponían de la DTM y agua y permanecían hasta las 4 am. Mientras que los animales de **P9** luego del ordeño pm volvían a la pastura e ingresaban a los comederos a las 20 hs, luego de haber realizado la sesión de pastoreo más intensa del día (figura 4). Esta rutina determinó que éstos animales no presentaran igual avidez por la DTM que los animales de **P6** al ingresar a los comederos. Se considera que esto podría ser la explicación del mayor rechazo registrado por este grupo que aparentemente expresó una mayor selectividad en el comedero, dado que se observó sistemáticamente que el rechazo se componía principalmente por el material más tosco de la composición de la DTM, constituido por marlos de maíz.

A pesar del consumo y producción de leche similares en los tratamientos en pastoreo, los animales de **P9** perdieron cuarto punto más de CC que **P6** (cuadro 4). Para explicar esta mayor pérdida de CC de los animales de **P9** se considera que un factor que puede estar jugando un rol importante es la energía requerida para caminata extra que tienen los animales en éste tratamiento. Estos caminan al día 6,8 km en los 4 viajes realizados desde la sala de ordeño hasta la parcela, a lo cual se suma la caminata de búsqueda dentro de la parcela, frente a los 3,4 km diarios para **P6**.

Según cálculos realizados con el NRC (2001), los requerimientos de ENL (Mcal/d) de los animales de **P9** para mantenimiento y actividad serían superiores a los de **P6** en 1,2 Mcal/d, que se corresponden con la diferencia de 1,8 Mcal/d aportadas por las reservas corporales entres estos tratamientos. Dado lo cual, se concluye que los animales de **P9** debieron realizar una mayor movilización de reservas que los animales en **P6** y **ENCIERRO** para mantener una producción de energía en leche similar. Resultados similares a los encontrados por Bargo et al. (2002a) que concluyeron que tratamientos sometidos a rutinas

que impliquen caminatas y consumo a través de la cosecha de forraje presentan mayores requerimientos de energía para mantenimiento. Al realizar el balance energético de los tratamientos P6 y P9 encontramos que la demanda de ENL y la oferta obtenida con la estimación de consumo y la movilización de reservas estuvieron equilibradas (balance cero). Esta constatación es indicativa de que la eficiencia digestiva de los tratamientos que combinan pastoreo con DTM fue similar a la calculada y por tanto mayor a la obtenida con DTM como única fuente de alimentación como se mencionó anteriormente, similar a lo reportado por Vibart et al. (2008).

4.1.2. Comportamiento grupal e individual en pastoreo

El aumento en las horas totales de acceso a la pastura dividido en dos sesiones diarias, generó diferencias en el comportamiento grupal en pastoreo de los animales (cuadro 6). Los animales de **P6** invirtieron una mayor proporción del tiempo en pastorear respecto a los de **P9**, a expensas de un menor tiempo de rumia durante las primeras 6 horas de pastoreo matutino (figura 4). Este comportamiento es similar al reportado por Pérez-Ramírez et al. (2009), Chilibroste et al. (2007), Kristensen et al. (2007) y Soca et al. (2002) donde menores tiempos de acceso a la pastura resultan en reducciones en el tiempo de rumia y aumentos en la proporción del tiempo empleado en pastorear como mecanismo de compensación.

Los resultados obtenidos con los aparatos de registro automático de comportamiento confirman la tendencia observada con el comportamiento grupal en pastoreo y la hipótesis planteada. El cuadro 7 muestra que **P9** al disponer de un mayor tiempo de acceso, pastoreó un tiempo total de una hora más que **P6**, pero en proporción al tiempo de ocupación de la parcela destinaron un 67 % del tiempo a pastorear, mientras que los animales de **P6** emplean un 84 %. Mattiauda et al. (2013) obtuvieron valores de 80 % del tiempo de ocupación empleado en pastorear pero con animales con únicamente 4 hs de acceso diario a la pastura y una suplementación de 12,2 kg de MS. Por otro lado, Pérez-Ramírez et al. (2009) encontraron valores similares de 79 % con 9 h de acceso a la pastura pero sin suplementación, al igual que Chilibroste et al. (2007) con primíparas con una proporción de tiempo de pastoreo de 80 % en 8 hs de acceso sin suplementación.

La tasa de consumo obtenida es similar para los animales de **P6** y **P9**, con un valor de 1,16 kg MS/h. Estos valores fueron menores a los reportados por Mattiuda et al. (2013) que obtuvo valores de 1.7 y 2.0 kg MS/h con accesos a la pastura de 4 h. La tasa de consumo encontrada en el Per 2 (1,4 kg MS/h) con animales con 70 DPP también fue mayor a esta.

Cuando se analiza el comportamiento durante la primera hora de permanencia en la pastura, no se observan diferencias entre tratamientos, pero al comparar las tres primeras horas de pastoreo durante la mañana si se ven diferencias, donde **P9** disminuye su tiempo de pastoreo respecto a **P6**. Sin embargo, al observar el número de movimientos mandibulares totales no se encuentran diferencias entre tratamientos, lo que estaría indicando que **P6** no sólo ocupó una mayor proporción del tiempo en pastorear, sino que también lo hizo a una mayor tasa de bocados, con 55 bocados/min vs. 48 bocados/min en **P9**. Resultados similares a los mínimos encontrados en trabajos revisados por Bargo et al. (2003), donde se estudia el comportamiento de vacas lecheras con diferentes tipos y volúmenes de suplementación. En éstos se reportan tiempos totales de pastoreo de entre 358 a 765 min/d, con tasas de pastoreo de entre 45 y 78 bocados/min, donde los mínimos corresponden a animales con 10 kg de suplemento y los máximos a animales sin suplementación. De manera que los animales de los tratamientos **P6** y **P9** presentaron un comportamiento similar al de animales con 10 kg de suplementación.

El cálculo anterior permite estimar la masa de cada bocado para los diferentes tratamientos, al realizar la división del consumo de MS de forraje diario sobre el número de bocados diarios. Este cálculo nos da un resultado de 350 mg MS/bocado para **P6** y 400 mg MS/bocado para **P9**. Estos valores son similares a los reportados por Gibb et al. (1998) donde en pastoreos matutinos se obtuvieron valores menores que en los vespertinos, siendo éstos cercanos a los 350 mg MS/bocado en la mañana y a los 441 mg MS/bocado en la tarde. Estas diferencias estarían principalmente asociadas a las diferencias en el contenido de MS de la pastura, siendo éste menor durante la mañana, que explicarían la similar tasa de consumo pero diferente tasa de bocados (Chilibroste et al., 2007). Por otro lado, cabe resaltar que los valores de masa de bocado y de consumo de pastura (kg MS) obtenidos son menores a los reportados por Gibb et al. (1997) para la altura de entrada de la pastura (17 - 19 cm,

cuadro 2). De manera que sería posible afirmar que la disponibilidad y altura de la pastura no representaron barreras para el consumo.

En cuanto a la distribución de la actividad de pastoreo a lo largo del día, se observa que los animales de **P9**, al acceder a la pastura en la mañana y en la tarde, pastorean menos durante la mañana. Resultados similares fueron reportados por Chilibroste et al. (2007) con animales sin suplementación, donde el acceso a la pastura durante la tarde resultó en sesiones iniciales de pastoreo más largas y reducciones en el tiempo dedicado a la rumia. De igual modo Gibb et al. (1998) reportaron que los animales maximizaron su consumo de MS realizando sesiones de pastoreo más extensas y con mayor tasa de consumo durante la tarde respecto a las sesiones de la mañana. Así, los animales de **P9**, frente a las 3 horas extras en la pastura, pastorearon una hora más que **P6**, a una menor tasa de bocados/min (cuadro 8), lo que permite asumir un mayor tiempo de búsqueda. Estos resultados nos indicarían que en lactancia temprana las tasas de consumo de MS en pastoreo son menores a las de lactancia media y pese a que los animales de **P6** intentan compensar el menor tiempo de acceso ocupando una mayor proporción del tiempo en pastorear y con un mayor número de bocados/min, no logran aumentar su tasa de consumo. Lo último podría explicarse por las características de la pastura en esta época (cuadro 2) y el menor contenido de MS de la pastura durante la mañana.

Este mayor consumo de forraje de mayor calidad, posible por las diferentes características de la pastura entre la mañana y la tarde, podría haber representado una mejora en la producción de leche. Sin embargo, el haber consumido un menor volumen de DTM y tener que soportar un mayor costo energético para mantenimiento, les determinó a los animales de **P9** un balance energético negativo más pronunciado, que fue compensado con una mayor movilización de reservas corporales.

4.2. PERÍODO 2 (61 a 90 DPP)

4.2.1. Producción y composición de leche, condición corporal y consumo de materia seca

Durante el segundo período en estudio la producción y composición de la leche no presentó diferencias entre tratamientos pese a la diferente alimentación durante los primeros 60 DPP. El tratamiento **Pos-ENCIERRO** mantuvo su producción, mientras que **P6** aumentó los litros de leche producidos. Estos resultados son diferentes a los presentados por Chilbroste et al. (2011) y Acosta et al. (2010) donde la DTM generó un efecto residual frente a una dieta mixta y a una dieta solo pastura.

La suba en la producción promedio de **P6**, así como el mantenimiento del nivel productivo de **Pos-ENCIERRO** durante este período podrían estar relacionados a la mejora en la calidad de la pastura (cuadro 3); al aumento en el volumen de DTM suplementado a partir del día 45 DPP, que generó un cambio en la relación pastura – DTM consumida, pasando de 28 % consumo de pastura en el Per 1 a 20 % en el Per 2 para **P6**; y a la mayor concentración de energía de lactación del ensilaje de sorgo utilizado. De manera que al realizar el balance energético de la dieta consumida por los animales en este período, donde los animales de **Pos-ENCIERRO** pasan a consumir 20,4 kg de MS de DTM y 4,4 kg MS de forraje, se observa que la dieta permitió la producción de 25,8 Mcal/d de energía en leche y cubrir los requerimientos de ENm de 11 Mcal/d, por lo cual, la CC y el PV de los animales con diferente tratamiento previo tampoco difirieron en este período y fueron similares a los del período anterior. Estos resultados confirman que el uso de pasturas en sustitución de DTM en un 20 % permite mantener la producción de leche, composición de la leche y CC de vacas con 60 – 90 DPP.

Sin embargo, en la evolución de producción de leche (figura 5) se observa una caída y recuperación en la producción al 77 DPP en ambos tratamientos. Esta, debido a sus características, se puede relacionar con las fuertes precipitaciones ocurridas durante esa semana (104 mm), a la baja en las temperaturas (temperatura media mínima en esa semana de 7,3 °C) (Estación meteorológica de Paysandú, Marzo – Junio 2011), así como a la adaptación al cambio de ensilaje utilizado que fue sustituido a los 75 DPP pasando de ensilaje de maíz a ensilaje de sorgo. Por otro lado, las pequeñas variaciones registradas en la CC de **P6** que registró una interacción semana x tratamiento debido a que varió 0.3 puntos

entre los 63 y los 77 DPP y luego subió 0.25 puntos hasta los 84 DPP, podrían estar explicadas por la tendencia registrada a un menor consumo de DTM (0,5 kg MS menos, $P = 0,0524$) para **P6** frente a **ENCIERRO**.

4.2.2. Comportamiento grupal e individual en pastoreo

Durante el Per 2, el comportamiento tanto grupal, como individual de los animales en pastoreo, fue monitoreado con el fin de estudiarlo como un mecanismo de adaptación al cambio en el régimen de alimentación del tratamiento DTM. En contrario a nuestra hipótesis no se registraron diferencias en el comportamiento grupal ni individual de los animales entre tratamientos (cuadro 11). Si se puede observar una interacción tratamiento x hora (figura 6) debida a que los animales de **Pos-ENCIERRO** pastorearon con menor intensidad que **P6** durante las últimas dos horas en la pastura pero que no generaron diferencias en el consumo de MS de forraje.

La tasa de consumo calculada para este período resultó ser de 1.22 kg MS/h para **Pos-ENCIERRO** y 1.4 kg MS/h para **P6**, con un promedio de 63 bocados/min (cuadro 12). En este caso se pudo estimar que la masa de bocado para cada tratamiento fue de 324 mg MS/bocado para **Pos-ENCIERRO** y de 366 mg MS/bocado para **P6**. El tiempo total de pastoreo de ambos tratamientos fue menor al tiempo de pastoreo del tratamiento **P6** durante el primer período. Esto se puede explicar tanto por el aumento en el volumen de DTM suplementado en 4,8 kg de MS que provocó una sustitución en el consumo de forraje que disminuyó 0,9 kg, como por la mejora en la calidad de la pastura (cuadro 3). De esta manera ambos tratamientos consumieron similar volumen de MS de forraje en un tiempo total promedio de 217 min a una mayor tasa de bocados (63 bocados/min) y a una mayor tasa de consumo que en el primer período.

Para explicar la similitud en el comportamiento en pastoreo de ambos tratamientos, es posible considerar que se haya dado una imitación del comportamiento en pastoreo de los animales de **P6** por los de **Pos-ENCIERRO**, ya que pastoreaban en parcelas separadas pero contiguas. De hecho, Phillips (2002) reportó que cuando animales suplementados pastoreando junto a animales no suplementados, éstos últimos reducían el tiempo de pastoreo al igual que los animales suplementados. Se considera que el proceso y imitación o

copia de comportamiento podría estar en la base del proceso de adaptación y debería ser considerado en las estrategias de manejo que incorporen 100 % DTM en algunas etapas productivas de los animales.

4.2.3. Patrón de fermentación ruminal

En cuanto al patrón de fermentación ruminal se observa que hubo diferencias en el valor de pH promedio, pero la evolución de esta variable a lo largo del día presentó una curva similar entre tratamientos. Esta refleja el patrón de ingestión de los animales, que se distribuye con un 18 % del consumo total en la pastura y el restante 82 % en los comederos luego del ordeño vespertino. De esta manera el pH disminuye luego de la entrada a la parcela pero en menor proporción respecto a la caída observada al ingreso a los comederos, donde se dispone de una oferta de 20 kg de MS de DTM compuesta en un 55 % por concentrados energéticos y proteicos.

Las concentraciones totales de AGV fueron similares a las reportadas en la revisión de Bargo et al. (2003) para animales en pastoreo con suplementación y su evolución reflejó al igual que el pH el patrón de ingestión del alimento. Sin embargo, los valores de AGV fueron diferentes entre tratamientos, con una mayor concentración de C2 y C4 en **P6**. Estas diferencias dejan en evidencia diferencias a nivel ruminal que indicarían la existencia de una flora más celulolítica para los animales de **P6** y más amilolítica en **Pos-ENCIERRO** (Relling y Mattioli, 2003), que tendría relación con la alimentación consumida por los animales en el período anterior.

Las diferencias en el patrón ingestión y fermentación nos podrían estar indicando que a pesar de no detectar diferencias significativas entre tratamientos en las variables de producción, el ambiente ruminal y la flora microbiana del rumen son aún diferentes entre tratamientos, reflejo de los tratamientos nutricionales durante el Per 1. Lo último estaría de acuerdo con lo reportado por Grenet et al. (1989), donde se afirma que la recolonización del rumen frente a cambios en el suministro de fibra y azúcares puede ser rápida, pero presenta grandes variaciones individuales, con valores de re colonización de entre 1 y 27 días. De manera que ésta fue la única variable que presentó evidencias de que los animales requieren de un tiempo de adaptación frente a cambios en la dieta, aunque sin repercusiones a nivel

productivo. De igual manera, se debería profundizar en el estudio de estas variables en ensayos posteriores.

5. CONCLUSIONES

En los primeros 60 días de lactancia animales alimentados con 100 % DTM no mostraron superioridad en energía excretada en leche, condición corporal y peso vivo frente a animales alimentados con dietas mixtas (50 % DTM + 50 % pastura), debido a una menor eficiencia de utilización del alimento.

El mayor tiempo de acceso a la pastura del tratamiento P9, permitió un mayor tiempo de pastoreo y búsqueda, lo cual permitió un mayor consumo de forraje. Sin embargo, no fue posible observar respuestas productivas positivas debido a las condiciones particulares del experimento.

La re adaptación de los animales alimentados con DTM a una rutina de pastoreo se dio sin mayores efectos sobre la producción y composición de la leche, así como en la condición corporal y peso vivo de éstos. El comportamiento de los animales en transición de DTM a la dieta con pastoreo y los animales ya adaptados tampoco presentaron diferencias. Sin embargo, se encontraron evidencias de que luego de una semana del cambio de alimentación, la adaptación del ambiente ruminal y la flora microbiana aún no habrían concluido.

6. IMPLICANCIAS

Aumentos en el tiempo de acceso a la pastura en vacas al inicio de lactancia, permitirían un aumento en el consumo de forraje en base a un mayor tiempo de pastoreo, una mayor selectividad, y por tanto el consumo de dietas con una mayor densidad de nutrientes que permitirían una mayor producción de leche.

Se debería profundizar en estudios posteriores cuál es la distancia máxima tolerada por los animales para que estos efectos se expresen a nivel productivo.

7. BIBLIOGRAFIA

- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Analytical Chemists, Washington, DC.
- Abrahamse PA, Tamminga S, Dijkstra J. 2009. Effect of daily movement of dairy cattle to fresh grass in morning or afternoon on intake, grazing behavior, rumen fermentation and milk production. *Journal of Animal Science*. 147: 721-730.
- Acosta Y, Karlen H, Villanueva N, Mieres JM, La Mana A. 2010. Intensificación: el rol de la alimentación. En: Jornada Técnica de Lechería. Serie actividades de difusión no. 610. San José. P 55-62.
- Adrien ML, Mattiauda DA, 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.
- Astessiano AL, Chilbroste P, Fajardo M, Laporta J, Gil J, Mattiauda D, Meikle A, Carriquiry M. 2012. Hepatic expression of GH-IGF axis genes in Holstein cows with different nutritional managements during early lactation. *Journal of Dairy Science*, 95(E-Suppl 2): 348.
- Balocchi OL, Pulido RF y Fernández JV. 2002. Comportamiento de vacas lecheras en pastoreo con y sin suplementación con concentrado. *Agricultura Técnica*. 62(1): 87-98.
- Bargo F, Muller LD, Kolver ES, Delahoy JE. 2003. Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*. 86(1):1-42.
- Bargo F, Muller LD, Delahoy JE, Cassidy TW. 2002a. Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*. 85(11):948-2963.

- Bargo F, Muller LD, Varga GA, Delahoy JE, Cassidi TW. 2002b. Ruminal digestion and fermentation of high-producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*. 85(11): 2964–297
- Baudracco J, Lopez-Villalobos N, Holmes CW y Macdonald KA. 2010. Effects of stocking rate, supplementation, genotype and their interactions on grazing dairy systems: a review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 1: 1-25.
- Broster WH, Broster VJ, Clements AJ. 1993. Feed utilization by the dairy cow over multiple lactations: a review. *Livestock Production Science*. 34: 1-21.
- Broster WH, Broster VJ. 1984. Long term effects of plane of nutrition on the performance of the dairy cow. *Journal of Dairy Research*. 51:149-196.
- Cajarville C, Mendoza A, Santana A, Repetto JL. 2012. En tiempos de intensificación productiva... ¿cuánto avanzamos en el conocimiento de los nuevos sistemas de alimentación de la vaca lechera? *Veterinaria*. 48(1):35-39.
- Capuco AV, Ellis SE, Hale SA, Long E, Erdman RA, Zhao X, Paape MJ. 2003. Lactation persistency: Insights from mammary cell proliferation studies. *Journal of Animal Science*. 81:18-31.
- Cavestany D, Kulcsár M, Crespi D, Chilliard Y, La Manna A, Balogh O, Keresztes M, Delavaud C, Huszenicza G, Meikle A. 2009. Effect of prepartum energetic supplementation on productive and reproductive characteristics, and metabolic and hormonal profiles in dairy cows under grazing conditions. *Reproduction in Domestic Animals*, 44: 663-671.
- Chilibroste P, Mattiauda DA, Bentancur O, Soca P, Meikle A. 2012. Effect of herbage allowance on grazing behavior and productive performance of early lactation primiparous holstein cows. *Animal Feed Science and Technology* (doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.02.001).
- Chilibroste P, Soca P, Mattiauda DA. 2011. Balance entre oferta y demanda de nutrientes en sistemas pastoriles de producción de leche: potencial de intervención al inicio de la

- lactancia. En: xv congreso latinoamericano de Buiatría, XXXIX Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú. P 91-96.
- Chilibroste P, Soca P, Mattiauda DA, Bentancur O, Robinson PH. 2007. Short term fasting as a tool to design effective grazing strategies for lactating dairy cattle: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 47(9): 1075 - 1084.
- Chilibroste P, Gibb M, Tamminga S. 2005. Pasture characteristics and animal performance. In: *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*, 2nd edition (Eds: Dijkstra J, Forbans J y France J). CAB International. Wallingford, UK. pp: 681-706.
- Chilibroste P, Soca P, Mattiauda DA, Bentancur O. 2004. Incorporation of short term fasting in grazing and feeding management strategies for cattle: an integrated approach. In: *II Symposium on Grassland and Ecophysiology and Grazing Ecology*, 11 to 14 October 2004. Curitiba, Parana', Brazil, in press.
- Chilibroste P, Naya H, Urioste JI. 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*. Vol: 22 – supl. 1, 358-359.
- Dove H, Mayes RW. 2006. Protocol for the analysis of n-alkanes and other plant-wax compounds and for their use as markers for quantifying the nutrient supply of large mammalian herbivores. *Nature Protocols*. Vol.1(4): 1680-1697.
- Dove H, Mayes RW. 1991. The use of plant wax alkanes as marker substances in studies of the nutrition of herbivores: a review. *Australian Journal of Agriculture Research*. 42: 913 -952.
- Dirección Nacional de Meteorología. Período 1961 – 1990. Disponible en la web: <http://meteorologia.gub.uy/index.php/estadisticas-climaticas>.
- Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 72:68-78.

- Estación Meteorológica de Paysandú. Registro de las condiciones climáticas del año 2011. Disponible en la web: <http://www.eemac.edu.uy/servicios/estacion-meteorologica-automatica>.
- Friggens, N. C., Oldham, J. D., Dewhurst, R. J., & Horgan, G. 1998. Proportions of volatile fatty acids in relation to the chemical composition of feeds based on grass silage. *Journal of Dairy Science*. 81(5), 1331-1344.
- Gibb MJ, Huckle CA, Nuthall R. 1998. Effect of time of day on grazing behavior by lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*. 53(1): 41 - 46.
- Gibb MJ, Huckle CA, Nuthall R, Rook AJ. 1997. Effect of sward surface height on intake and grazing behaviour by lactating Holstein Friesian cows. *Grass and Forage Science*. 52(3), 309-321.
- Grenet E, Berton A, Barry P, Fonty G. 1989. Rumen anaerobic fungi and plant substrate colonization as affected by diet composition. *Animal Feed Science and Technology*. 26: 55-70.
- 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.
- Kolver ES, Muller LD. 1998. Performance and nutrient intake of high producing holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 81(5): 1403-1411.
- Kristensen T, Oudshoorn F, Munksgaard L, Soegaard K. 2007. Effect of time at pasture combined with restricted indoor feeding on production and behavior in dairy cows. *Animal*. 1: 439 - 448.
- Mattiauda DA, Tamminga S, Gibb MJ, Soca P, Bentancur O, Chilbroste P. 2013. Restricting access time at pasture and time of grazing allocation for Holstein dairy cows: ingestive behaviour, dry matter intake and milk production. *Livestock Science*. 152:53-62.

- Meikle A, Cavestany D, Carriquiry M, Adrien ML, Artegoitia V, Pereira I, Ruprecht G, Pessina P, Rama G, Fernández A, Breijo M, Laborde D, Pritsch O, Ramos JM, de Torres E, Nicolini P, Mendoza A, Dutour J, Fajardo M, Astessiano AL, Olazábal L, Mattiauda DA, Chilbroste P. 2013. Avances en el conocimiento de la vaca lechera durante el período de transición en Uruguay: un enfoque multidisciplinario. *Agrociencia Uruguay*. 17(1):141-152.
- Meikle A, Cavestany D, Ferraris A, Blanc EJ, Elizondo F, Chilbroste P. 2005. Efecto del manejo de la alimentación durante el período de transición sobre la primera ovulación posparto en vacas primíparas y multíparas. En: XXXIII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú : Santa Elena. pp. 226-227.
- 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.
- Mendoza A, Cajarville C, Colla R, Gaudenti G, Martín M E, Repetto JL. 2012a. Dry matter intake and behavior patterns of dairy cows fed diets combining pasture and total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 95 (Suppl 2): 716.
- Mendoza A, Cajarville C, de la Quintana E, Garmendia ME, Mutuberría E, De Torres E, Repetto J L. 2012b. Milk yield and composition of dairy cows fed diets combining pasture and total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 95 (Suppl 2):249.
- Naya H, Urioste JI, Chilbroste P. 2002. Evaluación cuantitativa de curvas de lactancia de vacas holando en Uruguay. 2. Ajuste de un modelo bifásico. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol. 22(1):357-358.
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh revised edition. National Academic Press, Washington DC.
- PC Shield. University of California (UC Davis). 2013. The PC Dairy Windows Project. [En línea] 11 julio 2013.
<http://www.ucdavis.edu/search/index.html?cx=004393900062766886059:da23-x1vm6k&q=pc%20shield&cof=FORID:9>

- Pérez-Ramírez E, Peyraud JL, Delagarde R. 2009. Restricting daily time at pasture at low and high pasture allowance: effects on pasture intake and behavioral adaptation of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 92: 3331 - 3340.
- Peyraud JL, Comeron EA, Wade MH, Lemaire G. 1996. The effect of daily herbage allowance, herbage mass and animal factors upon herbage intake by grazing dairy cows. *Annales de Zootechnie*. 45: 201 - 217
- Phillips C (Ed.). 2002. *Cattle behaviour and welfare*. Oxford: Blackwell Science Ltd. (2^o edition). 247p.
- Radiccioni D, Taranto V y Zibils S. 1993. Efecto de la suplementación de vacas lecheras en pastoreo. I- Ambiente ruminal y composición de la leche. Tesis. Facultad de Agronomía – Universidad de la República. Uruguay.
- Relling AE, Mattioli GA (Eds.). 2003. *Fisiología digestiva y metabólica de los ruminates*. Universidad Nacional de la Plata (Argentina). Facultad de Ciencias Veterinarias. La Plata: EDULP. 72p.
- Rutter SM, Champion RA, Penning PD. 1997. An automatic system to record foraging behaviour in free-ranging ruminants. *Animal Behaviour Science*. 54: 185-195.
- Santana A, Perez-Ruchel A, Cajarville C, Repetto J L. 2012. Intake, digestibility and microbial protein synthesis in heifers fed pasture, total mixed ration or both. *Journal of Animal Science*. 90 (Suppl. 3): 488.
- Santana A, Ubilla J, Berrutti M, Konrath T, Aguerre M, Britos A, Cajarville C, Repetto JL. 2011. Dry matter intake, ruminal pH and fermentation capacity of rumen fluid in heifers fed temperate pasture, total mixed rations or both. *Journal of Dairy Science*. 94 (Suppl. 1): 511.
- SAS Institute. 2010. *SAS/STAT 9.2. User's Guide*. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Soca P, Beretta V, Heinzen M, Bentancur O. 2002. Effect of pasture height and control of grazing time on grazing behavior and defoliation dynamics of growing beef cattle. P 132-133 in proc. Symp. Resp. Incr. Global demand anim. Prod., Yucatán, México.

- Soca P, Chilibroste P, Mattiauda DA. 1999. Effect of the moment and length of the grazing session on 2: Grazing time and ingestive behaviour, p. 295-298. In : De Moraes, A., Nabinger, C., Carvalho, P., Alves, S., and Lustosa, S. (eds.), *Proceeding of International Symposium "Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology"*. Curitiba. Paraná. Brasil. 410 p.
- Soriano FD, Polan CE, Miller CN. 2001. Supplementing pasture to lactating holstein fed a total mixed ration diet. *Journal of Animal Science*. 84:2460-2468.
- Sprunck M, Mattiauda DA, Motta G, Fajardo M, Chilibroste P. 2012a. Response of postpartum dairy cows to different grazing strategies: effect of herbage allowance on milk and solids production. *Journal of Dairy Science*. 95 (suppl. 2): 486.
- Sprunck M, Mattiauda DA, Motta G, Fajardo M, Chilibroste P. 2012b. Response of postpartum dairy cows to contrasting feeding strategies: grazing plus supplements vs. confinement on milk and solids production. *Journal of Dairy Science*. 95 (suppl. 2): 486.
- Stefanon B, Colitti M, Gabai G, Knight CH, Wilde CJ. 2002. Mammary apoptosis and lactation persistency in dairy animals. *Journal of Dairy Research*. 69: 37-52.
- Taweel HZH. 2004. Perennial ryegrass for dairy cows: grazing behavior, intake, rumen function and performance. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen Institute of Animal Sciences, Wageningen, The Netherlands.
- Van Soest PV, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*. 74(10), 3583-3597.
- Vibart RE, Vivek F, Burns JC, Huntington GB, Green JT Jr. 2008. Performance of lactating dairy cows fed varying levels of total mixed ration and pasture. *Journal of Dairy Research*. 75:471-480.
- White SL, Benson GA, Washburn SP, Greer JT Jr. 2002. Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved holstein and jersey cows. *Journal of Dairy Science*. 85(1):95-104.