

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**“EFECTO DEL CAMBIO BRUSCO DESDE UN SISTEMA MIXTO (DOBLE
PASTOREO MÁS DIETA TOTALMENTE MEZCLADA) A UN SISTEMA ÚNICO
CON DIETA TOTALMENTE MEZCLADA EN VERANO, SOBRE EL
COMPORTAMIENTO Y PRODUCCIÓN DE LECHE EN VACAS CON PARTO EN
PRIMAVERA”**

Por

**Luciana ALONSO ANTÚNEZ
Cynthia ARTÍA GARBARINO**

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

MODALIDAD: Ensayo experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2020**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Presidente de Mesa:

Dr. Jorge Gil

Segundo Miembro (Tutor):

Dra. Lucía Grille

Tercer Miembro:

Dra. Carolina Fiol

Cuarto miembro (Co-tutor):

Dra. María de Lourdes Adrien

Quinto miembro (Co-tutor):

Dr. Juan Pablo Damián

Fecha:

21 de abril del 2020

Autores:

Br. Luciana Alonso Antúnez

Br. Cynthia Artía Garbarino

AGRADECIMIENTOS

A nuestra tutora Lucía, por permitirnos ser parte de este trabajo, brindarnos su tiempo dedicación y paciencia, además de su constante apoyo incondicional, siendo nuestra guía fundamental tanto, durante el transcurso del experimento como en la redacción de la tesis.

A nuestros co-tutores, Lourdes y Juan Pablo, por el apoyo que nos brindaron.

A la Facultad de Veterinaria, por todos estos años de estudios y darnos las herramientas para nuestra futura profesión, además de brindarnos amistades para toda la vida. A todos los docentes por su dedicación y por todos los conocimientos adquiridos.

A los funcionarios del tambo “La Armonía”, por su buena disposición y amabilidad ante todo.

A los amigos, por el apoyo incondicional en todos los momentos de nuestras carreras, tanto difíciles como alegres, compartiendo nuestros logros como si fueran propios.

A nuestras familias, por apoyarnos incondicionalmente, y ser nuestro pilar fundamental todos estos años, nuestra motivación diaria, y sin dudas nuestro cable a tierra en momentos difíciles. Gracias por creer en nosotras y acompañarnos en este hermoso camino recorrido. Gracias totales!!

TABLA DE CONTENIDOS

	Páginas
PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	2
TABLA DE CONTENIDOS	4
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	5
RESUMEN.....	6
SUMMARY	7
1. INTRODUCCIÓN	8
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
2.1. Situación de la lechería a nivel nacional	10
2.2. Alimentación del ganado lechero	10
2.3. Producción y composición de la leche	13
3. HIPÓTESIS.....	18
4. OBJETIVOS.....	18
4.1. OBJETIVO GENERAL:	18
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:.....	18
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
5.1. Lugar físico de desarrollo del trabajo experimental.....	19
5.2. Diseño Experimental	19
5.3. Instalaciones	19
5.4. Alimentación.....	20
5.5. Extracción de muestras y análisis de laboratorio	21
5.6. Evaluación del comportamiento de los animales	22
5.7. Consumo de DTM en cada grupo	22
5.8. Análisis estadístico.....	23
6. RESULTADOS.....	24
6.1. Producción y composición de leche.....	24
6.2. Comportamiento Animal.....	27
7. DISCUSIÓN	30
8. CONCLUSIONES	33
9. BIBLIOGRAFÍA.....	34

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Páginas

Tabla 1. La media de la composición química de las muestras de la DTM y pastura en los meses del experimento.....	21
Tabla 2 .Consumo de DTM en cada grupo (kgMS/vaca/día) en las semanas 8 (antes del cambio) ,10 (después del cambio) y 14 (un mes luego del cambio).	22
Tabla 3. Efecto del tratamiento (T: GDTM vs GCD), semanas (S) y la interacción entre el tratamiento y semana (T x S); en porcentaje de grasa, proteínas y lactosa (media ± eem) durante el período experimental.....	24
Figura 1. Diseño experimental:.....	21
Figura 2. Rutina diaria de los animales y evaluación del comportamiento, en cada grupo. A: Sistema mixto: DTM + doble pastoreo; B: Sistema estabulado: 100% DTM.	22
Figura 3. La producción de leche (Lt/día) (a), Lactosa (Kg/día) (b), Proteína (Kg/día) (c) (media ± eem) en la leche GDTM (línea roja) y GCD (línea azul). La flecha punteada indica la fecha del cambio de la dieta en GCD. Los asteriscos indican diferencias entre los tratamientos en la misma semana: ** p < 0,01.	25
Figura 4. Frecuencia (media ± eem) en la cual se observaron vacas rumiando (%) (a), comiendo (%) (a) en GDTM (barra rojo) y GCD (barra azul), en el primer mes luego del parto (1M), segundo mes luego del parto: antes del cambio de sistema (2M-A) y luego del cambio de sistema (2M-D), y el tercer mes de parto (3M). Diferentes letras minúsculas muestran diferencias entre tratamientos en cada mes y diferentes letras mayúsculas muestran diferencias entre períodos en cada tratamiento (2M-A y 2M-D) en el segundo mes (p < 0,05).). La flecha punteada indica la fecha del cambio de sistema GCD.	27
Figura 5. Frecuencia (media ± eem) en la cual se observaron vacas echadas (%) (a), caminando (%) (b) en GDTM (barra rojo) y GCD (barra azul), en el primer mes luego del parto (1M), segundo mes luego del parto: antes del cambio de sistema (2M-A) y luego del cambi cambio de sistema (2M-D), y el tercer mes de parto (3M). Diferentes letras minúsculas muestran diferencias entre tratamientos en cada mes y diferentes letras mayúsculas muestran diferencias entre períodos en cada tratamiento (2M-A y 2M-D) en el segundo mes (p < 0,05). La flecha punteada indica la fecha del cambio de sistema GCD.	28

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar si el cambio desde un sistema mixto (doble pastoreo y dieta totalmente mezclada: DTM) a un sistema único con DTM durante el verano, afecta el comportamiento y la producción de leche en vacas lecheras. Fueron seleccionadas 30 vacas multíparas de raza Holando, con fecha prevista de parto en la estación de primavera. Los animales fueron asignados (inmediatamente luego del parto) de forma aleatoria a cada uno de los dos tratamientos. Vacas alimentadas 100% DTM (*ad libitum*), estabuladas, durante todo el período experimental (GDTM, n=15) y vacas que cambiaron su sistema de alimentación y manejo de pastoreo más DTM a 100% estabulado, en el mismo sentido que GDTM (GCD, n = 15). El cambio de sistema en el grupo GCD se realizó el 16 de noviembre de forma brusca, correspondiente al segundo mes de lactancia. Las vacas GDTM antes del cambio de dieta (semana 8 y 9) ($p < 0,0001$) produjeron más leche, proteína y lactosa que las vacas GCD, pero estas diferencias desaparecieron luego del cambio ($p > 0,05$). Las vacas GCD en el primer mes de lactancia, rumiaron con mayor frecuencia que las vacas GDTM ($p < 0,0001$). En el segundo mes de lactancia, antes del cambio de sistema las vacas GCD rumiaron, se echaron y comieron con mayor frecuencia que las vacas GDTM ($p < 0,0001$; $p = 0,03$; $p = 0,001$ respectivamente). Luego del cambio las vacas GCD disminuyeron la frecuencia de rumia, echado y comiendo ($p < 0,0001$, $p = 0,03$, $p < 0,0001$; respectivamente) y a su vez, rumiaron y se echaron con menor frecuencia que las vacas GDTM ($p = 0,001$, $p = 0,02$; respectivamente), mientras que en GDTM no se observaron diferencias en ambos periodos. En el tercer mes de lactancia en las vacas GDTM, se observó una tendencia a rumiar con mayor frecuencia que GCD ($p = 0,06$). Se puede concluir que el cambio de un sistema mixto (pastoreo + DTM) a un sistema 100% DTM, fue favorable en relación a la producción de leche, proteína y lactosa. Sin embargo, las vacas tuvieron dificultades para adaptarse rápidamente al cambio brusco de sistema.

SUMMARY

The aim of this study was to determine if a change from a mixed system (double grazing and total mixed ration: TMR) to a confinement system with TMR during summer, affects behavior and milk production of dairy cows. Thirty multiparous Holstein (spring season calving) cows were selected. Cows were assigned randomly (immediately after calving) to one of the two treatments: cows fed with 100% TMR (*ad libitum*), were confined throughout the experimental period (GDTM, n = 15) and cows that changed their diet from pasture plus TMR to exclusive TMR (confined) (GCD, n = 15). Diet change in GCD was carried out abruptly on November 16 (second month of lactation). Before diet change, GDTM cows (week 8 and 9) ($p < 0.0001$) produced more milk, greater protein and lactose yield than the GCD cows, but these differences disappeared after change ($p > 0.05$). GCD cows in the first month of lactation, ruminated more frequently than GDTM cows ($p < 0.0001$). Before change, the GCD cows ruminated, lay and ate more frequently than GDTM cows ($p < 0.0001$; $p = 0.03$; $p = 0.001$ respectively). After change, the GCD cows decreased the frequency of rumination, lying and eating ($p < 0.0001$, $p = 0.03$, $p < 0.0001$; respectively) and in turn, they ruminated and lay less frequently than GDTM cows ($p = 0.001$, $p = 0.02$; respectively). GDTM cows showed no change in both periods. In the third month, GDTM cows had a tendency to ruminate more frequently than GCD ($p = 0.06$). It is concluded that, change from a mixed system (grazing + TMR) to a 100% TMR system was favorable in relation to milk production, protein and lactose. However, the cows had difficulty adapting quickly to the abrupt system change.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, la oferta mundial de leche como de productos lácteos se ha visto incrementada, mostrando una tendencia de crecimiento a nivel global (MGAP. DIEA, 2018b). Este incremento de la producción lechera a nivel mundial se sustenta en una tendencia creciente hacia la intensificación e industrialización de los sistemas ganaderos destinados a satisfacer la creciente demanda de dichos productos por parte de la población (FAO, 2006).

En Uruguay, en la última década se ha producido un incremento del 26% en la producción de leche, sin embargo, se puede observar una disminución del número de establecimientos lecheros y un leve aumento en la cantidad animales (MGAP. DIEA, 2011; MGAP. DIEA 2018a). Actualmente la producción lechera ocupa un 2% de la superficie agropecuaria y el mayor número de establecimientos se encuentran en el sur del país (MGAP. DIEA, 2018a; MGAP. DIEA, 2018b). En un relevamiento realizado en Uruguay en predios comerciales en el período 2011-2013, se observó que la alimentación de la vaca masa (VM) está distribuida en las siguientes proporciones, 50% en la cosecha directa del forraje, 25% de concentrados y 25% de reservas (Chilibroste y Battezzore, 2014). Por lo anterior, se puede inferir que, en este tipo de sistemas, la pastura representa el mayor porcentaje en la alimentación de la vaca lechera (Chilibroste y col., 2003; Cajarville y col., 2012), coincidiendo con otros sistemas pastoriles del Hemisferio sur, donde la pastura es el componente principal de la base alimenticia (Chilibroste, 2002).

El sistema pastoril, debido a su alto contenido de humedad y fibra, puede derivar a un bajo consumo de energía y materia seca (MS) (Kolver y Müller, 1998), condicionando la producción de leche en determinadas épocas del año. Esta situación lleva a que en algunos sistemas se incluyan niveles crecientes de suplemento (reservas de forrajes y/o concentrados) con el objetivo de estabilizar y aumentar la producción de leche a lo largo del año (Aguerre y col., 2017). Por otro lado, en estos sistemas los animales tienen mejor capacidad de poder expresar su comportamiento normal y en términos generales presentan menor incidencia de enfermedades podales y mastitis en comparación con sistemas estabulados (Arnott y col., 2016).

Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre en los sistemas de estabulación las pasturas pueden ser insuficientes para satisfacer sus necesidades nutricionales (Gill, 1979; Kolver y Müller, 1998). A su vez, en los sistemas estabulados la dieta es administrada de forma tal, que los animales tienen mínimas posibilidades de selección por componentes individuales de la ración (Gill, 1979). Entre otras ventajas de los sistemas estabulados se destacan su capacidad de permitir la expresión del potencial de producción de leche en vacas de alto mérito genético (Salado, 2012), reducir el riesgo de contraer endoparásitos (Charlier y col., 2005), así como también mantener la producción de leche en lugares donde las condiciones climáticas son adversas (Charlton y Rutter, 2017).

Farm Animal Welfare Council (1979), establece las pautas que deben regir para el bienestar de los animales, incluyendo así las cinco libertades (vivir libre de hambre, sed y desnutrición, libre de temor y angustia, libre de molestias físicas y térmicas, libres de dolor, de lesión y de enfermedades y libres de manifestar un comportamiento natural). Dentro de los indicadores de bienestar animal, la evaluación del comportamiento es una herramienta útil y muy importante (Arnott y col., 2016). Kilgour

(2012), establece que los comportamientos de pastoreo, rumiar y descansar representan el 90-95% de las actividades diarias de un bovino. Los animales pastorean con mayor frecuencia durante las horas de luz del día y con menos frecuencia en horas de la noche, donde pasan más tiempo descansando y rumiando. Como se mencionó anteriormente, Uruguay es un país con un sistema pecuario de predominio pastoril, pero en los últimos años ha aumentado la suplementación en la vaca lechera, con una superioridad en el uso de las dietas totalmente mezcladas (DTM). Este manejo se lleva a cabo en algunos momentos del año por problemas de poca disponibilidad de alimento o condiciones ambientales extremas (por ejemplo: estrés calórico en verano). Si bien existe información del efecto de los cambios de alimentación y sistemas productivos en producción de leche y metabolismo (Scharen y col., 2016; Astessiano y col., 2017b) existe muy poca información del efecto de estos cambios en el comportamiento normal de la vaca lechera.

En este sentido, estudiar como la vaca lechera se adapta a los cambios bruscos al pasar de un sistema mixto (pastoreo mas DTM) a un sistema estabulado, generará información valiosa (actualmente escasa) en relación al comportamiento y bienestar en ganado lechero, sobre una herramienta de manejo muy utilizada en nuestro país en determinados momentos del año.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Situación de la lechería a nivel nacional

A lo largo de los años, la oferta mundial de leche como de productos lácteos se ha visto incrementada, mostrando una tendencia de crecimiento a nivel global con valores de producción (en miles de toneladas métricas) de 493008 en el año 2017 a 503960 en el año 2018 (MGAP. DIEA, 2018b). Este incremento se sustenta en una tendencia creciente hacia la intensificación e industrialización de los sistemas ganaderos destinados a satisfacer la creciente demanda de dichos productos por parte de la población (FAO, 2006).

En Uruguay, en la última década se ha producido un notable incremento en la producción de leche con una producción en el ejercicio 2016/2017 de 2049 millones de litros/año frente a 1620 millones de litros producidos en el ejercicio 2006/2007. Sin embargo, se puede observar una disminución del número de establecimientos lecheros y un leve aumento en el número de animales (MGAP. DIEA, 2011; MGAP. DIEA, 2018a). En este sentido, la producción lechera actualmente en Uruguay ocupa un 2% de la superficie agropecuaria. El mayor número de establecimientos se encuentran en el sur del país, representado por un 72% de los productores lecheros, dispersados principalmente en los departamentos de San José, Colonia, Florida y Canelones (MGAP. DIEA, 2018a; MGAP. DIEA, 2018b).

Según MGAP. DIEA (2018a), el rodeo lechero se compone de 780 mil cabezas, con un total de 432 mil VM. Se ha determinado que un 83% de las vacas masa pertenecen a la raza Holando Americano Canadiense, correspondiendo las restantes a Holando Neozelandés, Jersey, Normando, así como también sus cruzas (INALE, 2014).

El Informe Anual de Comercio Exterior (2018) indica que, el sector lechero se encuentra en el tercer puesto del ranking con un 8% del total de las exportaciones. Las ventas de los productos lácteos alcanzaron U\$S 682 millones de dólares, creciendo un 16% con respecto al 2017. Los principales destinos de las exportaciones lácteas fueron Argelia (30%) y Brasil (20%).

2.2. Alimentación del ganado lechero

A nivel mundial, se ha producido un incremento en el uso de sistemas estabulados en vacas lecheras, debido principalmente a una limitada disponibilidad de la tierra, aumento del tamaño de los rebaños y en busca de satisfacer la creciente demanda de productos lácteos, además de proteger los animales frente a factores climáticos adversos (FAO, 2006; Arnott y col., 2016). En América del Norte éste sistema ocupa más del 60% de la producción lechera. Sin embargo, en algunos países se ha comenzado a implementar el uso de pasturas (Müller, 2003), lo que puede deberse al alto costo de producción de los sistemas estabulados, aumento en la preocupación pública sobre el bienestar (Arnott y col., 2016) y mayor preferencia por parte de los consumidores en productos originados en sistemas ambientales naturales (Müller, 2003).

En Uruguay la alimentación del ganado lechero se basa en el uso de pasturas implantadas (praderas, verdes y mejoramientos) que se designan para el consumo directo (INALE, 2014). Un relevamiento realizado en nuestro país en predios comerciales en el período 2011-2013 se observó que la alimentación de VM en esos establecimientos estaba distribuido en las siguientes proporciones, 50% en la cosecha directa del forraje, 25% de concentrados y 25% de reservas (Chilibroste y Battezzore, 2014) por lo que se puede inferir que, en este tipo de sistemas, la pastura representa el mayor porcentaje de la alimentación de la vaca lechera (Chilibroste y col., 2003; Cajarville y col., 2012). Esto coincide con otros sistemas pastoriles del Hemisferio sur, donde la pastura es el componente principal de la base alimenticia (Chilibroste, 2002). Los sistemas pastoriles, son aquellos en donde al menos el 50% de la materia seca (MS) total anual consumida es proporcionada por la pastura (García y Fulkerson, 2005). Tradicionalmente en nuestro país la producción lechera se ha basado en pastoreo de forrajes templados, ya que debido a las latitudes de nuestra región, éstas constituyen una alternativa de relativo bajo costo y poseen un alto valor nutritivo, permitiendo mantener niveles de producción medios (Cajarville y col., 2012). En este sentido, las pasturas implantadas templadas (mezcla de leguminosas y gramíneas), cuando son consumidas en estado vegetativo presentan una alta digestibilidad, superior al 70% (Tebot y col., 2012). Las mismas varían su composición química y su grado de degradación ruminal según la época del año en que sean consumidas (Van Vuuren y col., 1993).

Los sistemas lecheros presentan desafíos en lo referente a la producción de pasturas relacionado a la oferta y demanda de nutrientes. Esto se manifiesta con diferente intensidad según la categoría animal, potencial de producción, época de parto y sus interacciones. En este sentido, en nuestro país la época de mayor demanda de la vaca lechera no siempre coincide con la mayor producción de MS. Una alternativa es suplementar a las vacas lecheras, con partos de otoño y primavera, con reservas y concentrados (Chilibroste y col., 2011; Mendoza y col., 2011; Chilibroste y Battezzore, 2014).

La forma en la que la vaca lechera adquiere el alimento puede ser a través del pastoreo directo con suplementación (ensilajes, heno, concentrados), manejo en forma separada de pastoreo directo, concentrados y reservas forrajeadas, o encerrando de forma permanente los animales y suministrando la suplementación en forma de DTM (Cajarville y col., 2012). En los sistemas con DTM al administrar una ración nutricionalmente balanceada la vaca logra satisfacer los requerimientos nutricionales, se aumenta el consumo de materia seca total (DMI) y la ingesta de energía (Lammers y col., 2002; Bargo y col., 2003; Cajarville y col., 2012; Mendoza y col., 2012; Fajardo y col., 2015). Este tipo de dietas permite formular de forma precisa una dieta balanceada con un buen consumo de nutrientes aumentando así la producción individual. También se logra mayor independencia de las variaciones climáticas (producción de forraje), mayor control del pastoreo, permitiendo la utilización de éste recurso más eficientemente al incrementar la dotación animal y por ende la producción por unidad de superficie en épocas de escases de forraje (Mendoza y col., 2011). Entonces, incluir DTM en sistemas mixtos en base a pasturas, permite capitalizar los beneficios de la DTM (maximización de la producción y consumo), manteniendo las ventajas del sistema pastoril (Bargo y col., 2002).

En Uruguay, los productores lecheros hace unos años comenzaron a utilizar la DTM como forma de suplementación complementando el pastoreo directo. La

implementación de éste tipo de sistemas mixtos de alimentación podría contribuir a mejorar algunas limitaciones de nuestros sistemas de producción, manteniendo la base pastoril característica de Uruguay (Cajarville y col., 2012). En este sentido, se ha estudiado la potencialidad del uso de sistemas de alimentación que combinan pasturas con DTM (Meikle y col., 2013; Fajardo y col., 2015; Astessiano y col., 2017a; Barca y col., 2017). Estos autores demostraron que hay combinaciones de pasturas y DTM donde el potencial de leche de los animales es similar al de aquellos que consumen únicamente DTM, teniendo ventajas desde el punto de vista del bienestar animal, económico y sobre el producto final.

Los sistemas pastoriles en términos generales presentan menores costos de producción (Wales y col., 2013) y los animales tienen mayor capacidad de expresar su comportamiento normal teniendo beneficios sobre el bienestar animal. Arnott y col. (2016), describen menor incidencia de enfermedades podales y mastitis en estos sistemas en comparación con sistemas estabulados. Otra ventaja de los sistemas pastoriles es la mejora en la calidad de la leche, en el sentido de la obtención de un perfil de ácidos grasos más saludables desde el punto de vista de la salud humana (Barca y col., 2017).

Por otro lado, en sistemas pastoriles los animales consumen menos MS y logran menor producción de leche que en sistemas estabulados (Kolver y Müller, 1998; Fontaneli y col., 2005). Este menor consumo, se debe a la dificultad de estos sistemas en asegurar una oferta constante de alimentos en calidad y cantidad durante todo el año (Cajarville y col., 2012), no pudiéndose explotar el potencial de producción de leche (Kolver, 2003). A su vez, en sistemas pastoriles, las vacas tienen menor capacidad de consumo con las consecuentes limitantes físicas, por ejemplo: velocidad con que ese material ingerido es digerido y realiza su pasaje por el tracto digestivo así como la cantidad de agua incluida en el forraje. Otra limitante a destacar es el tiempo máximo disponible en el día para pastorear, ya que los animales deben dedicar suficiente tiempo para los procesos esenciales de rumia y reposo. También se debe tener en cuenta que estos animales tendrán mayores gastos energéticos derivados de las actividades de caminatas, búsqueda y cosecha de la pastura (Kolver, 2003).

Por otra parte, es importante considerar que animales en sistemas pastoriles están más expuestos a variaciones ambientales extremas, pudiendo afectar el bienestar, así como también su fisiología y producción (Schütz, 2010). Las altas temperaturas y humedad (estrés calórico) en verano afectan la producción y composición de la leche, además de repercutir en la salud y reproducción (Bernabucci y col., 2010; Bernabucci y col., 2015).

En los sistemas confinados donde las vacas se alimentan solo con DTM, se logra el aporte de los nutrientes necesarios, una relación óptima de forraje/concentrado, se minimiza la selectividad por componentes individuales, y aumento en la producción de leche, además de un mayor control de problemas digestivos y metabólicos. Además, los sistemas de confinamiento permiten mayor exactitud en la formulación y administración de la dieta, así como la incorporación de alimentos que normalmente no son agradables por su sabor (Lammers y col., 2002). Por otra parte, este tipo de sistema de alimentación logra que el animal consuma los nutrientes necesarios en cada bocado (Mendoza y col., 2011).

El confinamiento, tiene ciertas desventajas como el uso de equipos para la mezcla y el reparto de la DTM, instalaciones para la alimentación de los animales (corral o patio

de alimentación), tratamiento de los efluentes generados y el almacenamiento de los alimentos con alto costo en infraestructura (Lammers y col., 2002).

Por lo tanto, el uso de DTM en sistemas de base pastoril como herramienta de suplementación en momentos donde la pastura no logra cubrir los requerimientos nutricionales o condiciones climáticas adversas, permite obtener mejores niveles de producción lechera además de mejoras en cuanto al bienestar animal.

2.3. Producción y composición de la leche

Producir leche con altos niveles de grasa y proteínas es de gran importancia tanto para los productores como para la industria láctea. En el caso de los productores ya que de estos depende el pago que reciben por su leche y para la industria por determinar el rendimiento y la calidad de los productos obtenidos (quesos, leche en polvo y otros) (Mendoza, 2010).

La leche se compone en su mayoría por un 85-89% de agua, lactosa 4-5%, proteína (2-4%; 3,1 para razas Holando), grasa (2-6%; 3,6 para razas Holando), minerales y vitaminas (Walstra y col., 2001; Walstra y col., 2006; Acosta, 2017). Su importancia nutricional radica fundamentalmente en la fracción lipídica (formada principalmente por ácidos grasos saturados) y proteína siendo la caseína la que se encuentra en mayor proporción (80%) (Walstra y col., 2001).

El Sistema Nacional de Calidad de Leche mediante el decreto 359/013 (CIOU, 2019b), califica la calidad de la leche a efectos de determinar exigencias mínimas y obligatorias para su procesamiento, estas son: materia grasa mínimo 3grs/100ml, sólidos totales min 11,0 g/100ml o descenso crioscópico el máximo será -0.512 °C, evaluadas como técnicas complementarias y proteínas totales mínimo 2,7 g/100ml.

El valor nutricional de la leche se ve afectada por múltiples factores. Según Auldist y col. (1996), aquellos factores que ejercen una influencia significativa son: genéticos (asociados a la raza), nutricionales dependiendo de la disponibilidad estacional y la variación de calidad de la pastura a lo largo del año, fisiológicos asociados a la lactancia y patológicos asociado a enfermedades como por ejemplo: mastitis. El manejo y la alimentación de los rodeos lecheros producen cambios en la composición de la leche a corto plazo. Por otra parte, a través del mejoramiento genético esos cambios se evidencian a largo plazo (Sutton y Morant, 1989).

Los aminoácidos necesarios para la síntesis de la proteína láctea provienen del rumen (origen microbiano) y a través de la absorción intestinal. Este proceso exige una alta demanda de energía que es suplida por la glucosa y el ácido acético proveniente de la fermentación ruminal (Mendoza, 2010). Por ende, la síntesis de proteína que se lleva a cabo en la glándula mamaria depende del suministro de aminoácidos y de la energía disponible (DePeters y Ferguson, 1992), siendo la principal fuente de aminoácidos la proteína que llega al duodeno, representada en un 40-60% de proteína de origen microbiana (NRC, 2001). En este sentido, aumentos del suministro de energía a partir de la dieta favorece la síntesis de proteína microbiana a nivel ruminal y por ende el suministro de aminoácidos a la glándula mamaria (Astigarraga, 2003). La energía puede ser incrementada en la dieta, mediante el consumo de concentrados o mejorando la calidad del forraje (Gallardo, 2006).

La síntesis de ácidos grasos (AG) proviene principalmente de cuatro vías: directamente de la dieta, formados en el rumen (por biohidrogenación o degradación bacteriana), liberados de las reservas corporales y sintetizados de *novo* en la glándula mamaria (Stoop y col., 2009). Los AG provenientes de la dieta son aquellos que son ingeridos y absorbidos a nivel intestinal sin sufrir cambios a nivel ruminal (Bauman y Griinari, 2001), estos se transforman en triglicéridos en complejos llamados lipoproteínas de muy baja densidad y su absorción mamaria depende de la acción de la enzima lipasa lipoproteica (Barca y col., 2017).

A través de la alimentación es posible manipular los precursores para la síntesis de la grasa láctea y por ende la cantidad que es secretada en la leche. Esto es debido en gran medida a que la glándula mamaria es sensible a cambios en la oferta de AG (que circulan en forma libre) o beta hidroxibutirato y acetato y, un incremento en la misma lleva a una coaptación y utilización de éstos para la síntesis de la grasa láctea (Miller y col., 1991). Por lo cual, niveles altos de consumo de fibra aumentan la producción de grasa de la leche, aunque a su vez dietas con alto contenido de fibra suelen ser bajas en energía, limitando la producción de leche (Acosta, 2017).

La grasa de la leche además de la importancia que tiene a nivel del productor y la industria, en los últimos años ha aumentado el interés de los consumidores de seleccionar alimentos con elevados contenidos de ácidos grasos poliinsaturados debido a sus propiedades benéficas para la salud (Bauman y col., 2001). En este sentido, la alimentación es el factor que ejerce mayor influencia sobre la composición de la grasa láctea. Sistemas pastoriles son más favorables, debido a que el aumento del consumo de pastura aumenta el contenido de ácidos grasos poliinsaturados en la leche (Gagliostro y col., 2003). Esto último posicionaría a los sistemas de Uruguay de forma ventajosa a nivel internacional para la producción de leche (Barca y col., 2017).

La lactosa, no es un componente de la leche con valor comercial para la industria, pero su importancia radica al ser el principal osmo-regulador de la captación de agua por la glándula mamaria, determinando el volumen de leche producido (Mendoza, 2010), en este sentido una mayor secreción de lactosa y su transporte hacia la glándula mamaria conlleva un transporte de agua y por ende una mayor producción de leche (de Vries y Veerkamp, 2000).

En los últimos años en nuestro país, se ha presentado un incremento en la producción de leche, debido fundamentalmente por la producción de leche a nivel individual basado en el aumento del consumo de reservas de forraje y el uso de concentrados (Chilibroste y col., 2011). Se han evaluado el uso de diferentes estrategias de alimentación, encontrando mejores resultados en la producción de leche (aumentos 5 hasta 55%) con dietas 100% DTM en comparación con sistemas mixtos (Kolver y Müller 1998; Bargo y col., 2002; Fontaneli y col., 2005; Hernández-Mendo y col., 2007; Salado, 2012), debido al incremento de consumo de energía (Bargo y col., 2002) y MS por parte de los animales (Salado, 2012).

El uso de la alimentación es clave para lograr maximizar la producción y composición de la leche, lo que se obtiene mediante el aumento de consumo de energía (aumentando MS y calidad de la ración), aporte de proteína de calidad y cantidad y adecuados niveles de fibra, entre otros (Campabadal, 1999).

2.4. Comportamiento y bienestar animal

Farm Animal Welfare Council (1979), establece las pautas que deben regir para el bienestar de los animales, incluyendo así las cinco libertades (vivir libre de hambre, sed y desnutrición, libre de temor y angustia, libre de molestias físicas y térmicas, libres de dolor, de lesión y de enfermedades y libres de manifestar un comportamiento natural). El comportamiento es una muy importante herramienta para valorar el bienestar animal (Arnott y col., 2016). A su vez, Broom (1986) define que el bienestar de un individuo es su estado con respecto a sus intentos de hacer frente a su entorno.

En el caso de las vacas lecheras, los comportamientos naturales que más se relacionan con la salud, productividad y bienestar son rumia, alimentación y descanso (Krawczel y Grant, 2009). Kilgour (2012), establece que existe un amplio repertorio de comportamiento, donde el pastoreo fue el comportamiento más común, seguido por rumia y descanso, estos comportamientos representan el 90-95% de las actividades diarias de un animal. La mayoría del pastoreo se realiza durante las horas de luz del día, mientras que en horas de la noche pasan más tiempo descansando y rumiando.

En sistemas estabulados, el comportamiento depende de la interacción entre las vacas y el ambiente físico donde se encuentran, en donde los factores físicos como diseño de las instalaciones, tipos de suelo, diseño de comederos, etc., imponen limitaciones básicas de cómo van a interactuar las vacas con las condiciones del encierro. Dentro de las limitaciones se encuentra la capacidad de poder manifestar su comportamiento normal (Krawczel y Grant, 2009).

Las pruebas de preferencia permiten a los animales elegir en que entorno prefieren estar y nos pueden dar una idea de que es lo mejor para el bienestar animal (Dawkings, 2003). Las preferencias dependen de muchos factores (Kronh y Munksgaard, 1993), como por ejemplo: época del año (Charlton y col., 2011), clima (Legrand y col., 2009), ubicación de los alimentos (Charlton y col., 2011), distancia entre la pastura y el encierro (Charlton y col., 2013) y hora del día (Charlton y col., 2011). Según Shabi y col. (2005), el comportamiento alimentario en la vaca lechera es diferente según las horas del día, con mayores tiempos de consumo en la noche. Este comportamiento se altera en vacas de alta producción, debido a que al necesitar satisfacer mayores demandas nutricionales, consumen más alimento y por ende pasan más tiempo comiendo (Keenedy y col., 2009; Charlton y col., 2011).

La búsqueda del alimento y el pastoreo determina mayor tiempo en la pastura, en comparación con consumo de DTM, a su vez, el comportamiento en el pastoreo puede estar determinado por la calidad y altura de la pastura (Kirkland y Patterson, 2006), y suministro de concentrado, el que disminuye el tiempo de pastoreo (Hetti Arachchige y col., 2013). Algunos trabajos mostraron que vacas optan por el encierro (con DTM) generalmente luego del ordeño de la mañana y la tarde, probablemente para consumir DTM (Charlton y col., 2011). Coincidiendo con DeVries y col. (2003) y Legrand y col. (2009) quienes observaron que las vacas mostraron un pico de consumo de alimento luego del ordeño.

En resumen, en condiciones pastoriles, la actividad de la ingesta puede ocupar entre 20-50% del día y bajo condiciones de estabulación, destina entre 8-30% del día para consumir alimento (Gutiérrez y col., 2014).

En el caso del comportamiento de echado, la pastura les proporciona a los animales un espacio confortable para manifestar ese comportamiento (Kronh y Munksgaard, 1993). En cambio, en sistemas estabulados esto no siempre es posible, estando muy influenciado por el tipo y la calidad de la superficie de reposo (Tucker y col., 2003), el tipo de cama (Haley y col., 2001), camas de calidad y cantidad (Tucker y Weary, 2004), tamaño y diseño del corral (Tucker y col., 2004). Por lo tanto, cuando la estructura del encierro no es la adecuada para los animales, estos pueden reducir el tiempo y número de episodios que dedican a estar echados (Wechsler y col., 2000), pudiendo afectar negativamente el bienestar animal (Charlton y Rutter, 2017).

La rumia al igual que el pastoreo, tiene períodos de mayor intensidad. La vaca rumia generalmente durante la noche (Mattiauda y col., 2013) y con máxima intensidad enseguida del anochecer (Rovira, 1996), la suma del tiempo destinado a rumia y pastoreo abarca en promedio 60% del día (Gutiérrez y col., 2014). El tipo de alimentación puede afectar dicho comportamiento, ya que éste es dependiente del consumo de fibra detergente neutro (FDN), cuanto más fibroso sea el alimento, más necesario es la remasticación del mismo (Fast, 2016). Además, los animales que consumen más, destinan mayor tiempo a la ingestión y a la rumia que animales que consumen menos cantidad de alimento (Welch y Hooper, 1993).

Según Charlton y Rutter (2017) las condiciones climáticas adversas pueden influir en el comportamiento y respuestas fisiológicas afectando el bienestar. Por ejemplo, los animales en pastoreo pueden estar expuestos a una amplia gama de condiciones climáticas como viento, lluvia y altas radiaciones solares que pueden afectar la fisiología y el comportamiento (Schütz y col., 2010). Sin embargo, en sistemas estabulados las preocupaciones son menores, debido a que el encierro permite proteger a los animales de estos efectos climáticos adversos (Charlton y Rutter, 2017). El estrés calórico que pueden sufrir los animales durante el verano afecta negativamente la performance reproductiva y productiva (Cruz y Saravia, 2008). En este sentido, es un desafío poder enfrentar las condiciones climáticas que se dan en la temporada cálida en Uruguay.

El estrés calórico es un fenómeno en el cual la temperatura corporal interna de un animal excede el rango fisiológico para lograr el normal funcionamiento de los sistemas biológicos, y como resultado se produce un exceso de calor el cual lleva a una sobrecarga de la capacidad para poder disiparlo, lo que trae aparejado cambios fisiológicos y de comportamiento (Bernabucci y col., 2010). El estrés calórico es causado por diversos factores ambientales tales como: temperatura, humedad relativa, radiación solar, velocidad del aire y precipitaciones, siendo los dos primeros de mayor importancia (Bohmanova y col., 2007). En este sentido, en nuestro país durante los meses cálidos la acción combinada de temperatura, humedad y alta radiación solar determina que el ambiente meteorológico se encuentre fuera de la zona de confort térmico de la vaca. Esto reduce el tiempo dedicado al pastoreo y por ende su productividad (Saravia y col., 2011). Se denomina zona de confort térmico al rango de temperatura ambiente en el cual la temperatura corporal se mantiene constante con un mínimo esfuerzo de los mecanismos termorreguladores, no

existiendo sensación de frío o calor (Bianca, 1972). Para vacas lecheras en producción la zona de confort térmico toma valores de índice de temperatura y humedad (ITH) entre 35 y 70 (Johnson y col., 1961). El ITH fue desarrollado por Thom en 1959, y permite determinar los valores meteorológicos que afecta la homeostasis de los animales (Cruz y Saravia, 2008). Según registros históricos de ITH de la región al norte del Río Negro durante los meses de noviembre, diciembre y enero, se constataron valores superiores a 68 de ITH (Cruz y Saravia, 2008) e incluso en algunos años cercano a 72 (Grille, 2016). Según Armstrong (1994), estos valores son considerados críticos en la vaca lechera.

La estabulación puede ser una alternativa conveniente para el bienestar de los animales en meses donde la temperatura supere los 25°C, ya que proporciona un refugio para los efectos climáticos adversos y es más fácil controlar la temperatura. Al aire libre las vacas deben contar con mucha sombra y refugio contra el viento y lluvia para poder mantener el bienestar.

3. HIPÓTESIS

Las medidas de manejo que implican cambios bruscos de sistemas mixtos: pastoreo más DTM a 100% estabulados con DTM, resultarán en mejoras desde el punto de vista productivo (aumentos en el volumen de leche y sólidos) con efectos negativos en el confort de los animales.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL:

Determinar si el cambio brusco desde un sistema mixto (doble pastoreo y DTM) a un sistema único con DTM durante el verano afecta el comportamiento y la producción de leche en vacas lecheras con partos de primavera.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

Evaluar el comportamiento en vacas lecheras mediante la frecuencia de rumia, echado, caminando y comiendo, cuando las vacas pasan de un sistema mixto (doble pastoreo y DTM) a un sistema de confinamiento (100% DTM) y compararlo con un grupo de confinamiento durante todo el período (100% DTM)

Determinar los cambios en la producción y composición de leche cuando las vacas pasan de un sistema mixto (doble pastoreo y DTM) a un sistema de confinamiento (100% DTM) y compararlo con grupo en confinamiento durante todo el período (100% DTM).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Lugar físico de desarrollo del trabajo experimental

El trabajo experimental se realizó en el establecimiento comercial “La Armonía”, ubicado en ruta 3, km 407 en el Departamento de Paysandú durante el año 2015-2016.

La organización y preparación de los materiales utilizados, se realizaron en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), Facultad de Agronomía; ubicada en ruta 3, km 363, Departamento de Paysandú.

El siguiente trabajo fue avalado por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (formulario N°149).

5.2. Diseño Experimental

Fueron seleccionadas 30 vacas multíparas de raza Holando, con un promedio de lactancias de $3,1 \pm 1,2$, y un peso vivo promedio preparto de $660 \pm 82,1$ kg. La fecha de parto promedio fue 15 de setiembre ± 13 días. Las vacas fueron bloqueadas según fecha prevista de parto, peso vivo preparto, producción de leche en la lactancia anterior (leche corregida por grasa a los 305 días), número de lactancias (NL) y recuento de células somáticas de la última lactancia. Cada animal se identificó con un número, visible a distancia con pintura en aerosol a ambos lados en el flanco.

El experimento fue realizado durante los primeros 155 días de lactancia (del 15 de setiembre de 2015 al 18 de febrero de 2016).

Las vacas luego del parto se asignaron a uno de los dos tratamientos: vacas confinadas y alimentadas con DTM *ad libitum* (GDTM n=15) a través de todo el período y vacas que cambian su dieta (GCD, n=15) desde un sistema mixto (pastura más dieta totalmente mezclada) a un sistema solo DTM, en el mismo sentido que el GDTM. El cambio de dieta en el grupo GCD se realizó el 16 de noviembre (de forma brusca), correspondiente al segundo mes de lactancia (2M), 70 ± 14 DIM (semana 9).

La fecha del cambio de manejo y alimentación se fundamentó según el cambio de estación (de primavera a verano) la que fue determinada en base a registros históricos de ITH de la región.

5.3. Instalaciones

En cuanto a la sala de ordeño, la misma era en forma de espina de pescado, constituida por 30 órganos unilaterales. La sala de espera era techada y presentaba un sistema de ventilación y aspersores con el fin de refrescar a todas las vacas previo al ordeño de la tarde, en los meses más calurosos de verano.

La Dieta totalmente mezclada se administró en corrales abiertos “open stalls” (80 x 35 mts). Los comederos estaban techados (70 x 3 mts.) con piso de concreto y techo de metal junto con un área con piso de tierra sin techo pero con sombra (50x30 mts). Ambos grupos estuvieron en el mismo ambiente y sistema de confinamiento pero en corrales adyacentes. El bebedero era de material plástico (3,76 x 0,76 x 0,44 mts.). Éstas medidas estaban de acuerdo con las recomendaciones para encierros en ganado lechero. Según Frossasco y col. (2017), los corrales de encierro deben contar una superficie de 50-70 m²/vaca.

El suministro de agua para estos animales fue *ad libitum*, en cambio para los animales en pastoreo no tuvieron acceso al agua mientras se encontraban dentro de las parcelas pastoreando, pero si en los momentos de la suplementación y en los ordeñes.

El encierro donde se administró la ración se halló a una distancia de aproximadamente 500 metros de donde pastorearon los animales. Además, cada potrero donde se realizó el suministro del DTM, constó con un área de sombra (malla sombra) para brindar un mejor bienestar a los animales. La DTM se suministró una sola vez por día, entre las 11:00 y las 15:00hs.

5.4. Alimentación

La pastura para los animales estuvo compuesta de Festuca (*Festuca arundinacea*) y Dactylis (*Dactylis perseo*) en los meses de primavera y sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanensis* Var. ACA 727) en los meses de verano. La asignación de forraje para los animales de los tratamientos en pastoreo fue de 40 kg MS/vaca/día.

Las condiciones de la pastura no eran limitantes para el consumo. Al momento de la entrada de los animales a la parcela, la pastura se encontraba dentro de las condiciones reportadas por Formoso (2010), para un correcto pastoreo: altura de 15 a 20 cm y una disponibilidad de 1,5 a 2 t/ha de MS.

Con respecto al manejo del pastoreo, los animales del GCD realizaban un pastoreo luego de cada ordeño, de 7.30 a 11.00 hs y de 19.00 a 6.00 hs. Se realizaban franjas diarias.

La DTM fue formulada de acuerdo a las recomendaciones y tablas de requerimientos del National Research Council (2001). Para vacas lecheras de 600kg de peso, y una producción de 40 Lt de leche/día con 4% de grasa. Los componentes de la dieta fueron, ensilaje de planta entera de sorgo (33%), grano seco de sorgo (12,5%), expeler de canola (12,5%), burlanda de sorgo (10%), pulpa de citrus (10%) y cascarilla de soja (16%). Además, se adicionó un premix de vitaminas y minerales (1,3%) formulado a medida y urea (0,2%).

Para el tratamiento GDTM, la dieta totalmente mezclada fue administrada *ad libitum* (rechazo 10%). El rechazo fue medido en base a la diferencia entre la oferta y el rechazo del alimento ofrecido, una vez a la semana. En base a dicho consumo se determinó la suplementación de DTM para el otro tratamiento. Los valores dispuestos para el tratamiento GCD corresponden al 25% del total de lo suministrado al tratamiento GDTM, durante y antes del cambio de alimentación (hasta el 16 de noviembre), luego del cambio se procedió a la administración DTM *ad libitum* a ambos tratamientos (GDTM Y GCD).

A continuación se describe la composición química de la DTM y pastura en los meses del experimento (Tabla 1).

Tabla 1. La media de la composición química de las muestras de la DTM y pastura en los meses del experimento.

Alimento	Mes	%MS	%PC	%EE	%FDN	%FAD	%C
Festuca + Dactylis	Octubre	27,1	13,5	2,2	48,9	24,0	10,0
Festuca + Dactylis	Noviembre	16,2	12,6	1,2	55,1	27,3	10,5
DTM	Octubre	66,7	16,8	3,4	40,4	22,3	6,5
DTM	Noviembre	45,8	17,3	3,7	38,4	20,9	5,4
DTM	Diciembre	57,8	16,5	3,1	35,6	20,5	6,0

MS: Materia Seca; FAD: Fibra ácido detergente; C: Cenizas; PC: Proteína Cruda; EE: Extracto etéreo; FDN: Fibra detergente neutro.

5.5. Extracción de muestras y análisis de laboratorio

Todas las vacas fueron ordeñadas dos veces al día, desde las 6:00 a 7:30 hs y 17:30 a 19:00 hs. La producción de leche se registró individualmente con medidores de Waikato®. Las muestras de leche se tomaron semanalmente durante todo el período experimental, se evaluaron al mes de la lactancia (semanas 4 y 5), a los dos meses de lactancia (antes del cambio: semana 8 y después del cambio: semana 9 y 10) y tres meses de lactancia (semana 12 y 14) (Figura 1).

Los análisis para la determinación de la composición de la leche (grasa, proteína total, lactosa) se realizaron utilizando LactoScope FT infrarrojo (FTIR) (Delta Instruments, Drachten, Países Bajos). El rendimiento y la composición de la leche se analizaron como promedio de los dos ordeños diarios.

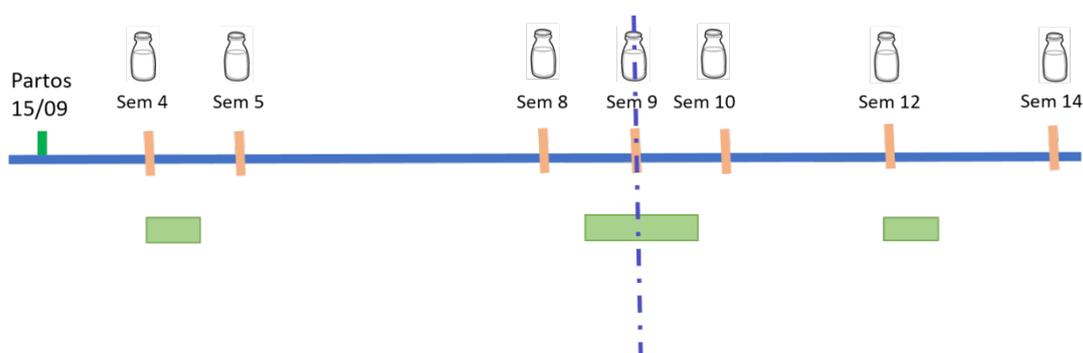


Figura 1. Diseño experimental:

■ comportamiento; - - - : cambio de dieta; 🍼 : muestreo de leche.

5.6. Evaluación del comportamiento de los animales

Las vacas de cada tratamiento se identificaron con collares de diferentes colores (rojo: GDTM y azul: GCD) y se pintaron números en el cuerpo para individualizar a cada animal, dos días antes de comenzar la evaluación. El comportamiento de las vacas individuales (rumiando, echados, caminando y comiendo (pastoreo o DTM) se registró con la metodología de muestreo Scan instantáneo cada 10 minutos, realizado por dos observadores simultáneamente uno en cada grupo (Schütz y col., 2010). Se registraron durante dos períodos de observación diariamente (07:30-11:00 hs y 12:00-15:00 hs) durante 3 días consecutivos al primer y tercer mes después del parto (1M y 3M respectivamente) y durante 6 días consecutivos al segundo mes después del parto (2M): 3 días antes (2M-A) y 3 días después (2M-D) del cambio de dieta hecha en GCD.

Se describieron los comportamientos observados, echado: la vaca acostada en cualquier posición de descanso, caminando: las cuatro patas se mueven con la cabeza levantada o no, comiendo: recolectando o consumiendo pastura o DTM con la cabeza sobre el suelo, quieta o moviéndose lentamente, rumiando: Movimientos de masticación sin alimento en la boca, regurgitación del alimento o ambos.

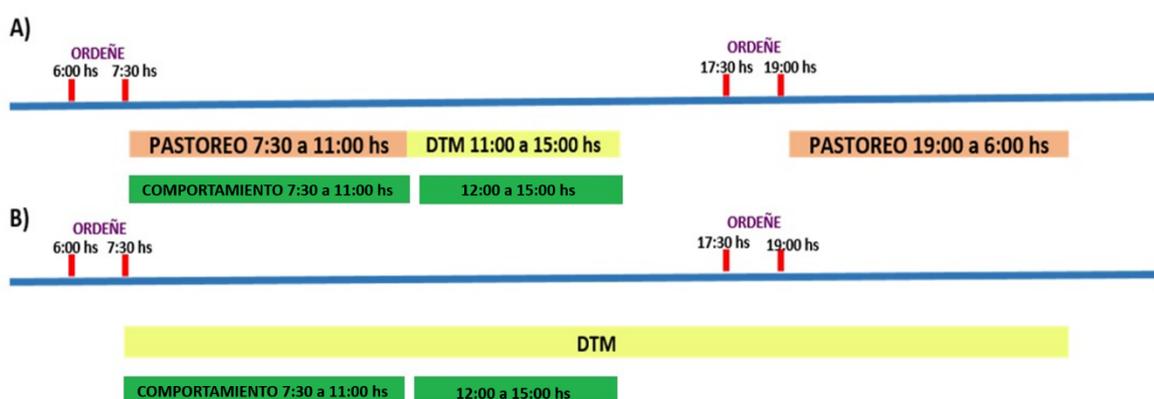


Figura 2. Rutina diaria de los animales y evaluación del comportamiento, en cada grupo. A: Sistema mixto: DTM + doble pastoreo; B: Sistema estabulado: 100% DTM.

5.7. Consumo de DTM en cada grupo

Tabla 2. Consumo de DTM en cada grupo (kgMS/vaca/día) en las semanas 8 (antes del cambio), 10 (después del cambio) y 14 (un mes luego del cambio).

Semana	GDTM	GCD
8	27,6 kg	8,4 kg
10	26,4 kg	27,1 kg
14	25,3 kg	25,2 kg

El consumo de DTM se expresó como kgMS/vaca/día. Dicho consumo fue estimado por diferencia entre oferta y rechazo en cada grupo, por 2 días consecutivos en cada semana.

5.8. Análisis estadístico

Los datos de comportamiento, producción y composición de leche se analizaron mediante medidas repetidas utilizando el PROC MIXED de SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, EE. UU., 2004). Las variables de comportamiento se analizaron por separado en cada mes (1M, 2M y 3M) y los resultados se presentan como el promedio de 3 días en cada período. En octubre (1M) y diciembre (3M) se consideraron bloque y tratamiento (GDTM o GCD) como efectos fijos y en noviembre se consideraron bloque, tratamiento (GDTM o GCD), periodo (2M-A y 2m-D), e interacción tratamiento - período como efectos fijos. Los animales en cada tratamiento se consideraron como efecto aleatorio. Las comparaciones post hoc se realizaron con la diferencia menos significativa (LSD). Los resultados fueron considerados como significativos con un valor de $\alpha \leq 0.05$. Los datos se presentaron como media \pm eem.

6. RESULTADOS

6.1. Producción y composición de leche

A continuación se describen las variables de grasa (%), proteína (%) y lactosa (%) en ambos tratamientos (GDTM y GCD) (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto del tratamiento (T: GDTM vs GCD), semanas (S) y la interacción entre el tratamiento y semana (T x S); en porcentaje de grasa, proteínas y lactosa (media \pm eem) durante el período experimental.

	Tratamiento			p valor		
	GDTM	GCD	eem	T	S	TxS
Grasa (%)	2,5	3,2	0,11	0,01	0,005	0,0006
Proteína (%)	3,1	3,1	0,13	0,49	<0,0001	<0,0001
Lactosa (%)	4,8	4,8	0,2	0,96	<0,0001	0,003

GDTM: 100% DTM; GCD: cambio de dieta.

El porcentaje de grasa fue mayor en las vacas GCD que en las vacas GDTM ($3,2 \pm 0,1\%$ vs $2,5 \pm 0,1\%$, respectivamente, $p = 0,01$; Tabla 2). Las vacas GCD tenían mayores porcentajes de grasa que las vacas GDTM en la semana 4 ($3,8 \pm 0,2\%$ frente $2,6 \pm 0,2\%$, $p < 0,0001$), 5 ($3,7 \pm 0,2\%$ frente $2,5 \pm 0,2\%$, $p = 0,0001$), 8 ($3,0 \pm 0,2\%$ frente $2,1 \pm 0,2\%$, $p < 0,004$) y 9 ($3,3 \pm 0,2\%$ frente $2,4 \pm 0,2\%$, $p = 0,004$). El porcentaje de grasa en las vacas GDTM aumentó de la semana 8 a 10 ($2,1 \pm 0,2\%$ y $2,8 \pm 0,2\%$, $p = 0,004$) y se mantuvo con niveles altos y en las vacas GCD disminuyó de la semana 4 a la 14 ($3,8 \pm 0,2\%$ y $2,8 \pm 0,2\%$, $p < 0,0001$). Las vacas GDTM presentan un mayor porcentaje de proteína que vacas GCD en la semana 8 (GDTM = $3,1 \pm 0,04\%$ vs GCD = $2,9 \pm 0,04\%$, $p = 0,0009$) y el más bajo en la semana 12 (GDTM = $3,1 \pm 0,04\%$ vs GCD = $3,3 \pm 0,04\%$, $p = 0,01$). En GDTM el porcentaje de proteína decreció desde la semana 4 a 10 ($3,2 \pm 0,04\%$ y $3,1 \pm 0,04\%$, $p = 0,02$); mientras que en GCD disminuyó de la semana 4 a 8 ($3,1 \pm 0,04\%$ y $2,9 \pm 0,04\%$; $p < 0,0001$) y luego aumentó de la semana 8 a 14 ($2,9 \pm 0,04\%$ y $3,2 \pm 0,04\%$, $p < 0,0001$). En las vacas GDTM el porcentaje de lactosa aumentó de la semana 10 ($4,7 \pm 0,1\%$) a la semana 12 ($4,9 \pm 0,1\%$, $p = 0,007$). Vacas GCD el porcentaje de lactosa aumentó de la semana 8 a 12 ($4,6 \pm 0,1\%$ y $5,1 \pm 0,1\%$, respectivamente; $p < 0,0001$) y disminuyó de la semana 12 a 14 ($5,1 \pm 0,1\%$ y $5,0 \pm 0,1\%$, respectivamente; $p = 0,02$).

En la Figura 3, se observan las variables de producción de leche (Lt/día), proteína (kg) y lactosa (kg) en ambos grupos (GDTM y GCD) durante las diferentes semanas de evaluación.

No hubo efecto del tratamiento sobre la producción de leche, lactosa y proteína (kg/d) ($p > 0,30$). Todas las variables mostraron interacción entre tratamiento y tiempo ($p < 0,0001$).

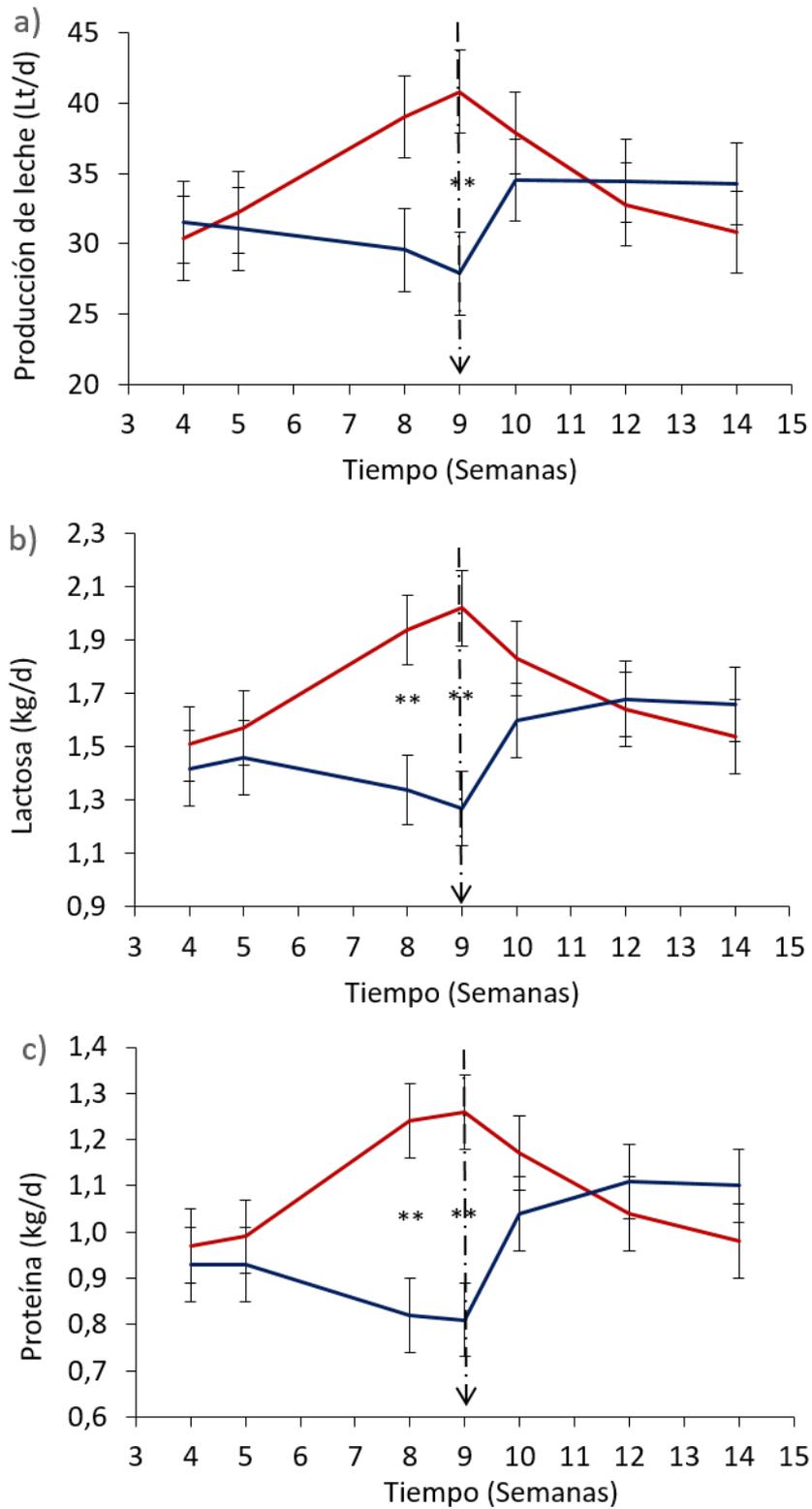


Figura 3. La producción de leche (Lt/día) (a), Lactosa (Kg/día) (b), Proteína (Kg/día) (c) (media \pm eem) en la leche GDTM (línea roja) y GCD (línea azul). La flecha punteada

indica la fecha del cambio de la dieta en GCD. Los asteriscos indican diferencias entre los tratamientos en la misma semana: ** $p < 0,01$.

Hubo diferencias en la producción de leche en las semanas 8 y 9 entre los tratamientos ($p = 0,058$ y $p = 0,009$; respectivamente). En la semana 8 las vacas de GDTM produjeron más leche que las vacas GCD ($39,0 \pm 2,9L$, $29,6 \pm 2,9lts$, respectivamente; $p < 0,0001$) al igual que la semana 9 ($40,8 \pm 2,9lts$, $27,9 \pm 2,9lts$, respectivamente; $p < 0,0001$).

En las vacas del grupo GDTM la producción de leche aumentó de la semana 4 a 9 ($30,4 \pm 2,9L$, $40,8 \pm 2,9 L$, respectivamente; $p < 0,0001$) y disminuyó de la semana 9 a 14 ($40,8 \pm 2,9lts$, $30,8 \pm 2,9lts$, respectivamente; $p < 0,0001$), mientras que en las vacas del grupo del cambio (GCD) aumentó de la semana 9 a 10 ($27,9 \pm 2,9lts$, $34,5 \pm 2,9lts$, respectivamente; $p < 0,0001$) y luego se mantuvo estable hasta la semana 14 (Figura 3a).

El contenido de lactosa y proteína tuvo un comportamiento similar a la producción de leche. Las vacas del grupo GDTM tenían mayor contenido de lactosa en las semanas 8 y 9 que las vacas GCD ($p = 0,01$ y $p = 0,002$, respectivamente; Figura 3b). En GCD el rendimiento de lactosa disminuyó de la semana 4 a 9 ($p = 0,01$) y aumentó de la semana 9 a 10 ($p < 0,0001$) y luego se mantuvo con altos niveles hasta la semana 14. En GDTM aumentó el rendimiento de lactosa de la semana 4 a 9 ($p = 0,004$) y disminuyó de la semana 10 a 14 ($p = 0,001$). El rendimiento de proteína se muestra en la Figura 3c. Las vacas GDTM tuvieron mayor rendimiento en las semanas 8 y 9 que las vacas GCD ($p = 0,002$ y $p = 0,001$, respectivamente).

Las diferencias encontradas entre los grupos (GDTM vs GCD) en la producción de leche, lactosa y rendimiento de proteína halladas una semana antes del cambio, desaparecieron luego del cambio de dieta ($p > 0,05$).

El rendimiento de la grasa no tuvo efecto del tratamiento ($p = 0,40$) o la interacción entre el tratamiento y el tiempo (semanas) ($p = 0,12$).

6.2. Comportamiento Animal

En las Figuras 4 y 5, se puede apreciar la frecuencia en la cual se observaron las vacas rumiando (%), comiendo (%), echadas (%) y caminando (%) en GDTM y GCD, durante el primer, segundo y tercer mes luego del parto.

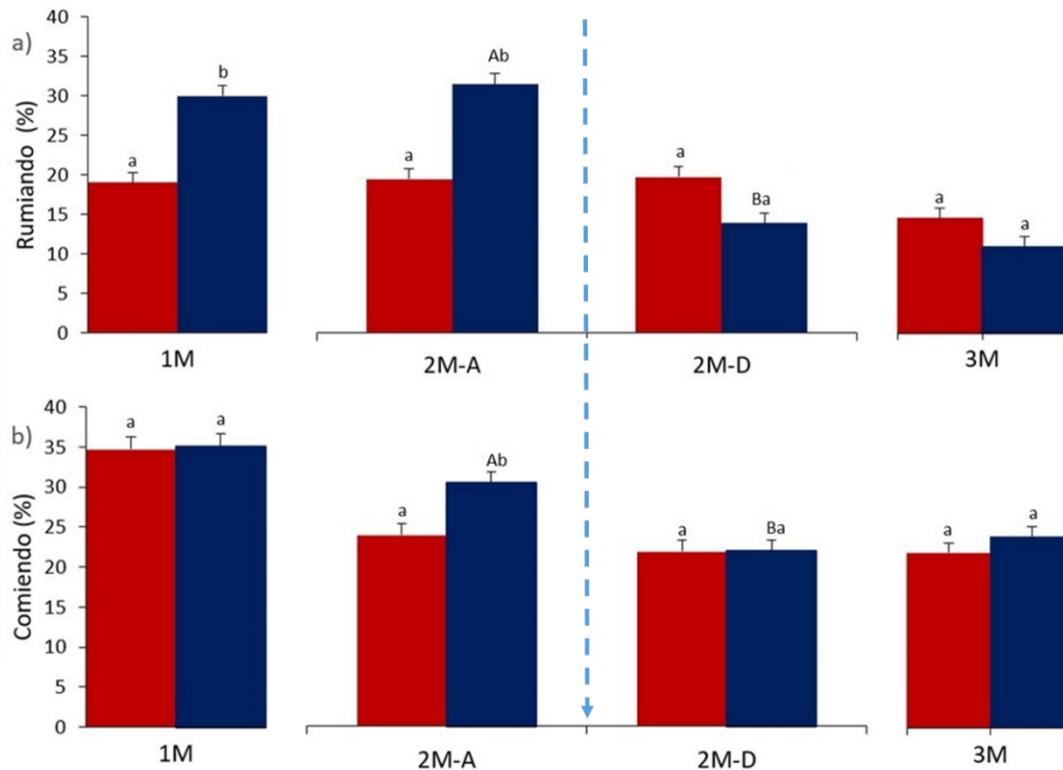


Figura 4. Frecuencia (media \pm eem) en la cual se observaron vacas rumiando (%) (a), comiendo (%) (a) en GDTM (barra rojo) y GCD (barra azul), en el primer mes luego del parto (1M), segundo mes luego del parto: antes del cambio de sistema (2M-A) y luego del cambio de sistema (2M-D), y el tercer mes de parto (3M). Diferentes letras minúsculas muestran diferencias entre tratamientos en cada mes y diferentes letras mayúsculas muestran diferencias entre períodos en cada tratamiento (2M-A y 2M-D) en el segundo mes ($p < 0,05$). La flecha punteada indica la fecha del cambio de sistema GCD.

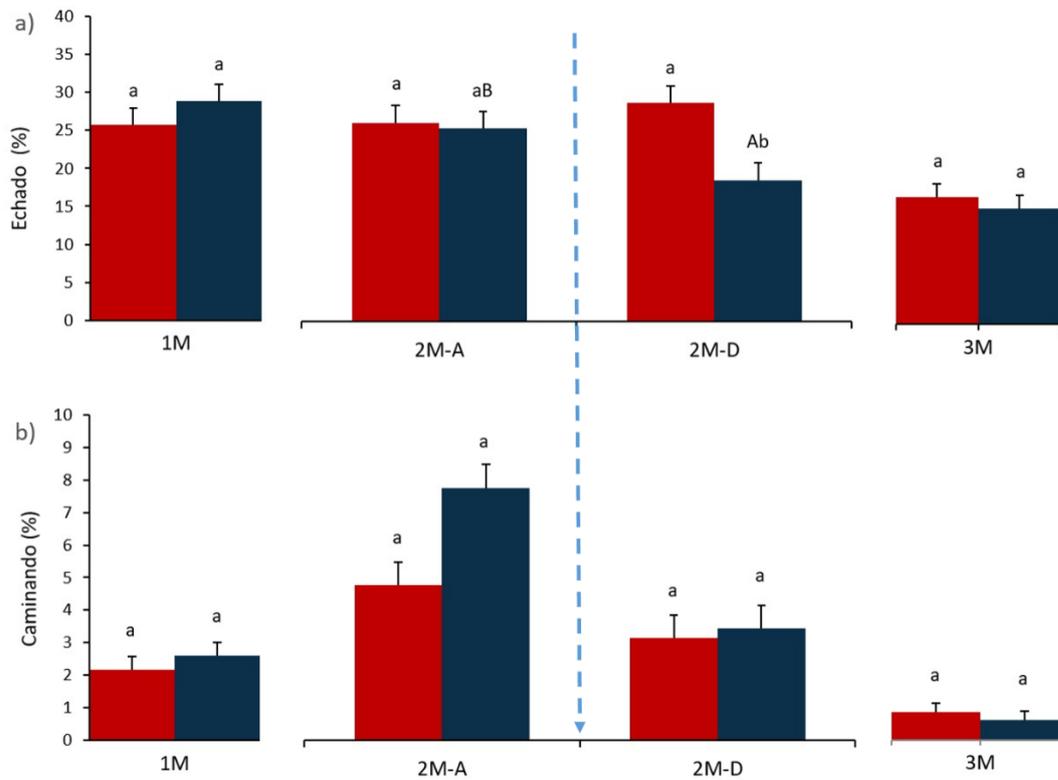


Figura 5. Frecuencia (media \pm eem) en la cual se observaron vacas echadas (%) (a), caminando (%) (b) en GDTM (barra rojo) y GCD (barra azul), en el primer mes luego del parto (1M), segundo mes luego del parto: antes del cambio de sistema (2M-A) y luego del cambio de sistema (2M-D), y el tercer mes de parto (3M). Diferentes letras minúsculas muestran diferencias entre tratamientos en cada mes y diferentes letras mayúsculas muestran diferencias entre períodos en cada tratamiento (2M-A y 2M-D) en el segundo mes ($p < 0,05$). La flecha punteada indica la fecha del cambio de sistema GCD.

6.2.1. Primer mes de lactancia

Las vacas del grupo GCD rumiaron con mayor frecuencia que las vacas del grupo GDTM ($30,00 \pm 1,31$ vs $19,01 \pm 1,31$, respectivamente; $p < 0,01$). No hubo diferencias entre los tratamientos en la frecuencia de echado ($p = 0,30$), caminando ($p = 0,47$) y comiendo ($p = 0,84$).

6.2.2. Segundo mes de lactancia

Hubo diferencias entre los tratamientos en frecuencia de rumia ($p = 0,02$). Las vacas del grupo GCD rumiaron más que las vacas GDTM ($22,06 \pm 0,9$ vs $19,05 \pm 0,9$, respectivamente; $p < 0,02$). Hubo interacción entre el tratamiento y los períodos ($p < 0,0001$). Durante el período de 2M-A, las vacas GCD rumiaron con mayor frecuencia que las vacas GDTM ($p < 0,0001$). Después del cambio de sistema (2M-D) las vacas

GCD rumiaron con menor frecuencia que las vacas GDTM ($p = 0,001$). En el GCD la frecuencia de rumia disminuyó luego del cambio ($31,4 \pm 1,3\%$ a $13,8 \pm 1,3\%$; $p < 0,0001$). En las vacas GDTM no hubo diferencia entre periodos en la frecuencia de rumia.

Las vacas GDTM se echaron con menor frecuencia que las vacas GCD ($25,4 \pm 1,5\%$ y $20,3 \pm 1,5\%$, respectivamente; $p = 0,02$). Hubo interacción entre tratamiento y el período ($p = 0,04$). Las vacas del GCD se echaban con mayor frecuencia antes del cambio que después del cambio de sistema ($23,5 \pm 2,1\%$ vs $17,3 \pm 2,1\%$; $p = 0,03$). Luego del cambio, las vacas se echaron con menor frecuencia en GCD ($17,2 \pm 1,5\%$) que en GDTM ($26,6 \pm 1,5\%$; $p = 0,02$).

Las vacas del grupo GCD tuvieron mayor frecuencia en el comportamiento comiendo que las vacas del grupo GDTM ($25,8 \pm 0,9\%$, $22,5 \pm 0,9\%$, respectivamente; $p = 0,02$). Hubo una interacción entre el tratamiento y el periodo ($p = 0,02$): antes del cambio de dieta, las vacas GCD pasaban mayor tiempo comiendo que las vacas GDTM ($30,00 \pm 1,38$ vs $23,52 \pm 1,38$, respectivamente; $p = 0,001$). Las vacas GCD pasaron mayor tiempo comiendo durante 2M-A ($30,0 \pm 1,4\%$) que en 2M-D ($21,6 \pm 1,4\%$; $p < 0,0001$).

Las vacas del grupo GCD caminaron con más frecuencia que las vacas del GDTM ($5,5 \pm 0,5\%$, $3,9 \pm 0,5\%$, respectivamente; $p = 0,02$).

6.2.3. Tercer mes de lactancia

No hubo diferencias en el tiempo en que las vacas se observaron echadas ($p = 0,52$), caminando ($p = 0,52$) y comiendo ($p = 0,23$) entre los tratamientos. En las vacas del grupo GDTM se observó una tendencia a rumiar con mayor frecuencia que las del grupo GCD ($14,6 \pm 1,5\%$ y $11,0 \pm 1,4\%$, respectivamente; $p = 0,06$).

7. DISCUSIÓN

El cambio de sistema mixto a un sistema estabulado (100% DTM) influyó positivamente en la producción y composición de la leche, aunque a corto plazo se observaron cambios en las variables de comportamiento. Esto sugiere que los animales tuvieron dificultad para adaptarse al nuevo sistema durante los primeros días, luego del cambio.

La disminución observada en la frecuencia de rumia de las vacas del GCD luego del cambio, podría deberse a que en primer lugar, antes del cambio los animales se encontraban algunas horas del día en pastoreo, ofreciéndole un entorno confortable que le permite a la vaca lechera expresar su comportamiento normal, entre ellos la rumia (Kronh y Munksgaard, 1993; Tucker y col., 2004; Kilgour, 2012; Arnott y col., 2016). Cuando los animales cambiaron al sistema estabulado de forma brusca pueden haber presentado una experiencia emocional negativa, evidenciado por una disminución en la frecuencia de rumia (Herskin y col., 2004). Esto concuerda con algunos autores que reportaron que la rumia es un indicador de confort de la vaca lechera, donde una disminución en la frecuencia de este comportamiento está asociada con una disminución del bienestar (Higashiyama y col., 2007; Bar y Solomon, 2010). También la disminución de la rumia en este grupo podría estar dado por el cambio de alimentación. El cambio en la composición del alimento afectaría la frecuencia de rumia, dado que este comportamiento está muy influenciado por factores nutricionales como la digestibilidad, ingesta de FND (fibra neutro detergente), composición y calidad del forraje, como por ejemplo: dietas con alto contenido de carbohidratos pueden provocar problemas de acidosis ruminal en los animales (Courdec y col., 2006; Erina y col., 2013). En este sentido, la disminución de la rumia se relaciona a una disminución de la ingesta y el consumo (Welch y Hooper, 1993), causadas por la diferente estructura de la alimentación. Según Lammers y col. (2002), una DTM permite maximizar el consumo de nutrientes en menor período de tiempo en comparación con la pastura, cubriendo más rápido las demandas nutricionales. Por otro lado, las jerarquías sociales, competencias al momento de alimentarse, o por el agua, espacio y disponibilidad del alimento que se dan en los sistemas estabulados podrían afectar el consumo (Grant y Albright, 2001).

Sin embargo, la disminución de la frecuencia de rumia en las vacas del grupo GCD luego del cambio, disminuyó incluso más que el grupo GDTM, sin mostrar diferencias en el consumo entre grupos. Por lo que sugerimos que la disminución de la rumia en las vacas de este grupo luego del cambio, estaría más influenciada a problemas en el confort y ambiente (por problemas de adaptación, en los primeros días luego del cambio) que a las diferencias en el tipo de alimento.

En el caso del comportamiento de echado, la disminución observada en la frecuencia de echado en las vacas del GCD luego del cambio de sistema, puede deberse a que los animales no encontraron un ambiente confortable para echarse en el encierro, coincidiendo con lo reportado por Arnott y col. (2016) y Charlton y Rutter (2017). En este sentido, la pastura le proporciona a los animales un espacio más confortable para echarse, una superficie más suave y cómoda y en consecuencia las vacas en condiciones más confortables se echan más (Hernández-Mendo y col., 2007; Charlton y Rutter, 2017). Nuestros resultados concuerdan con Olmos y col. (2009), quienes reportan que las vacas que estaban en la pastura pasaban mayor tiempo echadas que las que se encontraban en sistema estabulado, ya que el encierro les produce

disminución del tiempo de descanso e inquietud, indicando una falta de confort. Esta disminución en el confort y bienestar durante el encierro, podría ser causa de las condiciones ambientales como cambio en las superficie de reposo, tipo de cama, tamaño y diseño de los corrales (Haley y col., 2001; Tucker y col., 2003; Tucker y col., 2004). Un aspecto importante es la disminución del espacio en comparación con el pastoreo, que genera situaciones de competencia por los lugares, perturbación de los animales, llevando a cambios en la frecuencia con que despliegan algunos comportamientos y disminución del bienestar (Miller y Wood-Gush, 1991). Aunque las dimensiones de los corrales de encierro, en las que se encontraban las vacas de nuestro trabajo, estaban de acuerdo con las recomendaciones internacionales para ganado lechero (Frossasco y col.; 2017).

Nuestros resultados coinciden con los autores, Enriquez-Hidalgo y col. (2018) y Higashiyama y col. (2007), quienes reportaron que las vacas lecheras no se adaptan rápidamente al cambio de rutina cuando pasan de un sistema mixto a confinamiento (sin periodo de adaptación). A su vez, Higashiyama y col. (2007), describieron que el encierro en comparación con la pastura, es uno de los ambientes más estresantes para los animales, observando disminución de la rumia, echado y aumento en los niveles de cortisol.

La menor frecuencia de comiendo en las vacas del GCD luego del cambio, podría explicarse porque al pasar a consumir una dieta totalmente mezclada lograron satisfacer más fácilmente sus demandas nutricionales, presentando menor frecuencia en el comportamiento de comiendo (Charlton y col., 2011) en comparación con antes del cambio que se encontraban en sistema mixto. Esto mismo explicaría las diferencias entre grupos, antes del cambio.

Cuando se produce el cambio brusco de un sistema mixto a un sistema de estabulación con DTM, las vacas presentan dificultades para poder adaptarse rápidamente a este cambio. El comportamiento de las vacas se afectó negativamente durante los primeros días luego del cambio. Sin embargo, luego de un mes de encierro las vacas del grupo GCD no mostraron diferencias con las vacas del GDTM en los comportamientos de echado, comiendo ni caminando, aunque presentaron tendencia a rumiar con menos frecuencia en comparación con las vacas del GDTM. Esto podría indicar que el proceso de adaptación fue gradual, y que los animales necesitarían un periodo más largo para adaptarse a un cambio de sistema. En este sentido, Enriquez-Hidalgo y col. (2018) determinaron que los animales se adaptan al encierro luego de diez días del cambio de sistema.

En relación al efecto del cambio de sistema en los parámetros de leche, se observó que las vacas que se encontraban en el sistema mixto (antes del cambio) produjeron menos leche, proteína y lactosa que las vacas que estaban el sistema 100% DTM. Luego del cambio las diferencias entre grupos (GCD y GDTM) desaparecieron.

La menor producción de leche del GCD en las semanas 8 y 9 en comparación con GDTM, pudo estar asociado a que las vacas que consumen DTM tienden a producir mayor cantidad de leche que aquellas que se encuentran en sistemas mixtos, debido a una mayor disponibilidad de energía y mayor DMI (Kolver y Müller, 1998; Bargo y col., 2002; Fontaneli y col., 2005; Vibart y col., 2008; Mendoza y col., 2011; Fajardo y col., 2015). En general en la pastura los animales son incapaces de consumir alimento extra que se necesita para satisfacer sus requerimientos de energía, tanto para

producción de leche y mantenimiento (Kolver, 2003), como para las actividades de pastoreo, caminata (selección de pastura) (Agnew y Yan, 2000; Bargo y col., 2002).

En lo que respecta a los componentes de la leche, el cambio brusco de un sistema mixto a un sistema 100% DTM, mejoró el contenido de proteína y lactosa de la leche en un corto período de tiempo.

Esto podría explicarse porque las vacas al pasar a una dieta 100% DTM tuvieron mayor disponibilidad energética repercutiendo en mayor rendimiento de proteína y lactosa (DePeters y Fergurson 1992; Bargo y col., 2002; Acosta, 2017).

En este sentido, una mayor disponibilidad de energía en la dieta aumentaría la producción de ácido propiónico, disponible para síntesis de lactosa y proteína (Sutton y Morant, 1989). A su vez, el incremento de energía, a partir de la dieta, favorece la síntesis de proteína microbiana a nivel ruminal, aumentando el aporte de aminoácidos a la glándula mamaria (Astigarraga, 2003).

Los bajos valores en el porcentaje promedio de grasa en el grupo GDTM (según los objetivos basados en la formulación de la dieta), y la relación con los valores en el porcentaje de proteína, nos hacen sospechar que estas vacas podrían haber cursado una acidosis subclínica. Esto se fundamentaría en que el grupo estabulado pudo haber consumido en su dieta bajos niveles de fibra, disminuyendo la producción de acetato y butirato en el rumen (principales precursores para la síntesis de la grasa), resultando en una disminución de la producción de grasa en la glándula mamaria.

La acidosis ruminal sería el resultado del aumento en la fermentación ruminal debido a cambios en la microbiota ruminal, acumulación de ácido láctico y disminución del pH (Toni y col., 2010).

Por lo anteriormente comentado, el cambio de sistema mixto (pastoreo más DTM) a estabulado, como era de esperar, mejoró la producción y sólidos de la leche. Sin embargo, este trabajo muestra la importancia de incorporar la evaluación del bienestar del ganado lechero, como forma de analizar integralmente los cambios que experimentan los animales, al momento de implementar este tipo de manejos en los sistemas lecheros.

8. CONCLUSIONES

El cambio de un sistema mixto (doble pastoreo + DTM) a un sistema 100% DTM, fue favorable en relación a la producción de leche, proteína y lactosa. Sin embargo, las vacas tuvieron dificultades para adaptarse rápidamente al cambio brusco de sistema.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, Y. (2017) Alimentación y sólidos en leche. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Disponible en: <http://www.infolactea.com/wp-content/uploads/2017/05/informe-1.pdf> Fecha de consulta: 28/09/2019.
2. Aguerre, M.; Cajarville, C.; La Manna, A.; Cavestany, D.; Mendoza, A.; Mattiauda, D.; Carriquiry, M.; Repetto, J.; Meikle, A.; Chilbroste, P. (2017) Estrategias de alimentación de vacas lecheras en pastoreo: ¿Qué hemos aprendido de los sistemas comerciales y qué hemos generado desde la investigación en Uruguay? Disponible en: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacionAINFO-57907.aspx> Fecha de consulta: 12/07/2019.
3. Agnew, RE.; Yan T. (2000) Impact of recent research on energy feeding systems for dairy cattle. *Livest Prod Sci*, 66:197–215.
4. Armstrong, DV. (1994) Heat stress interaction with shade and cooling. *J Dairy Sci*, 77: 2044-2050.
5. Arnott, G.; Ferris, CP.; O’Connell, NE. (2016) Review: welfare of dairy cows in continuously housed and pasture-based production systems. *Animal*, 11:261-2731.
6. Astessiano, AL.; Carriquiry, M.; Mattiauda, DA.; Adrien, ML.; Chilbroste, P.; Meikle, A. (2017a) Endometrial gene expression in primiparous dairy cows at the end of the voluntary waiting period is affected by nutrition: Total mixed ration vs increasing levels of herbage allowance. *Reprod Domest Anim*, 52:798-805.
7. Astessiano, AL.; Meikle, A.; Chilbroste, P.; Mattiauda, DA.; Fajardo, M.; Carriquiry, M. (2017b) Metabolic adaptations due to the inclusion of pasture in the diet of dairy cows fed total mixed ration during early lactation. *Open J Anim Sci*, 7: 127-140.
8. Astigarraga, L. (2003) El manejo de la alimentación como herramienta para modificar la composición química de la leche. En: Cabrera M.C., Astigarraga L, Saadoun A. *Calidad de alimentos y calidad de productos de origen animal*. Montevideo. Universidad de la República, pp. 135-150.
9. Auldist, M.; Coats, B.; Sutherland, J.; Mayes, H.; McDowell, L.; Rogers, GL. (1996) Effects of somatic cell count and stage of lactation on raw milk composition and the yield and quality of Cheddar cheese. *J Dairy Res*, 63 (2):269–280.
10. Bar, D.; Solomon, K. (2010) Rumiation collars: what can they tell us? *Proceedings First North American Conference on Precision Dairy Management*, Toronto Canadá, p. 214-215.

11. Barca, J.; Carriquiry, M.; Olazabal, L.; Fajardo, M.; Chilibraste, P.; Meikle, A. (2017) Milk fatty acid profile from cows fed with mixed rations and different access time to pastureland during early lactation. *J Anim Physiol an N*, 102: 620–629.
12. Bargo, F.; Muller, LD.; Delahoy, JE.; Cassidy, TW. (2002) Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *J Dairy Sci*, 85:2948–2963.
13. Bargo, F.; Muller, LD.; Kolver, ES.; Delahoy, JE. (2003) Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J Dairy Sci*, 86: 1–42.
14. Bauman, D.; Corl, BA.; Baumgard, LH.; Griinari, JM. (2001) Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy L. H. En: Garnsworthy P. C., Wiseman J. *Recent advances in Animal*. Nottingham, Nottingham University Press, pp: 221-250
15. Bauman, D.; Griinari, JM. (2001) Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livest Prod Sci*, 70:15–29.
16. Bernabucci, U.; Basiricó, L.; Morera, P.; Dipasquale, D.; Vitali, A.; Piccioli Cappelli, F.; Calamari, L. (2015) Effect of summer season on milk protein fractions in Holstein cows. *J Dairy Sci*, 98:1815–1827.
17. Bernabucci, U.; Lacetera, N.; Baumgard, LH.; Rhoads, RP.; Ronchi, B.; Nardone, A. (2010) Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4:1167-1183.
18. Bianca, W. (1972) Termorregulación. Adaptación de los animales de granja. Hafez, Edición Herrero S.A. México, pp 135-162.
19. Bohmanova, J.; Misztal, I.; Cole, JB. (2007) Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress. *J Dairy Sci*, 90 (4): 1947-1956.
20. Broom, DM. (1986) Indicators of poor welfare. *Br Vet J*, 142: 524–526.
21. 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*, 48:118-122.
22. Campabadal, C. (1999) Factores que afectan el contenido de sólidos de la leche. *Nutrición Animal Tropical*, 5: 67-92. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/11103/10464> Fecha de consulta: 6/11/2019.

23. Charlier, J.; Claerebout, E.; De Muelenaere, E.; Vercruyssen, J. (2005) Associations between dairy herd management factors and bulk tank milk antibody levels against *Ostertagia ostertagi*. *Vet Parasitol*, 133: 91–100.
24. Charlton, GL.; Rutter, SM. (2017) The behaviour of housed dairy cattle with and without pasture access: a review. *Appl Anim Behav Sci*, 192: 2-9.
25. Charlton, GL.; Rutter, SM.; East, M.; Sinclair, LA. (2011) Effects of providing total mixed rations indoors and on pasture on the behaviour of lactating dairy cattle and their preference to be indoors or on pasture. *J Dairy Sci*, 94: 3875–3884.
26. Charlton, GL.; Rutter, SM.; East, M.; Sinclair, LA. (2013) The motivation of dairy cows for access to pasture. *J Dairy Sci*, 96: 4387–4396.
27. Chilibróste, P. (2002) Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño – invernal. XXV Jornadas de Buiatría. Paysandú, Uruguay, p.90-96
28. Chilibróste, P.; Battegazzore, G. (2014). Proyecto Producción Competitiva. Montevideo, Conaprole, 31 p.
29. Chilibróste, P.; Ibarra, D.; Zibil, S.; Laborde, D. (2003) Proyecto Alimentación Reproducción. Informe final. Montevideo, Conaprole, 28p.
30. Chilibróste, P.; Soca, P.; Mattiauda, DA. (2011) Balance entre la oferta y demanda de nutrientes en sistemas pastoriles de producción de leche: potencial de intervención al inicio de la lactancia. XV Jornadas de Buiatría. Paysandú, Uruguay, pp 91-97.
31. CIOU. Centro de Información Oficial Uruguay (2019a). Aprobación del Sistema Nacional de Calidad de la Leche. Decreto N° 90/995 de 15 de Marzo de 1995. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/90-1995>. Fecha de consulta: 12/10/2019.
32. CIOU. Centro de Información Oficial Uruguay (2019b). Determinación de un Sistema Nacional de Calidad de la Leche a los efectos de su posterior procesamiento. Decreto N° 359/013 del 18 de noviembre de 2013 Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/359-2013/1>. Fecha de consulta: 12/10/2019.
33. Courdec, JJ.; Rearte, DH., Schroeder, GF., Ronchi, JI., Santini, FJ. (2006) Silage chop length and hay supplementation on milk yield, chewing activity and ruminal digestion by dairy cows, *J Dairy Sci*, 89: 3599-3608.
34. Cruz, G.; Saravia, C. (2008) Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. *Agrociencia*. 12(1): 56-60.
35. Dawkins, MS. (2003) Behaviour as a tool in the assessment of animal welfare. *Zoology*, 106: 383–387.

36. DePeters, E.J.; Ferguson, J.D. (1992) Non protein nitrogen and protein distribution in the milk of cows. *J Dairy Sci*, 75:3192.
37. de Vries, M.J.; Veerkamp, R.F. (2000) Energy balance of dairy cattle in relation to milk production variables and fertility. *J Dairy Sci*, 83:62-69.
38. DeVries, T.J.; von Keyserling, M.A.; Beauchemin, K.A. (2003) Short Communication: diurnal feeding pattern of lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 86: 4079–4082.
39. Enriquez-Hidalgo, D.; Teixeira, D.L.; Lewis, E.; Buckley, F.; Boyle, L.; O'Driscoll, K. (2018) Behavioural responses of pasture based dairy cows to short term management in tie-stalls. *Appl Anim Behav Sci*, 198:19–26.
40. Erina, S.; Czyszter, L.T.; Acatinc, S.; Baul, S.; Tripon, I.; Gavojdian, D.; Buzam, G. (2013) Research on rumination time according to administration order of forages in Romanian Black and White Cows. *Scientific papers Animal Science and Biotechnologies*, 46: 302–305.
41. Fajardo, M.; Mattiauda, D.A.; Motta, G.; Genro, T.C.; Meikle, A.; Carriquiry, M.; Chilibroste, P. (2015) Use of mixed rations with different access time to pastureland on productive responses of early lactation Holstein cows. *Livest Sci*, 181: 51–57.
42. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (2006) *Livestock's long shadow*. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a0701e/a0701e.pdf>. Fecha de consulta: 19/06/19
43. Farm Animal Welfare Council (1979). *Press statements*. Disponible en: <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20121107102408/http://www.fawc.org.uk/pdf/fivefreedoms1979.pdf>. Fecha de consulta: 28/06/2019.
44. Fast O. (2016) Estudio de dos métodos de evaluación de comportamiento de vacas lecheras. Tesis de grado Facultad de Agronomía, Udelar, 56 p.
45. Fontaneli, R.S.; Sollenberger, L.E.; Littell, R.C.; Staples, C.R. (2005) Performance of lactating dairy cows managed on pasture-based or in freestall barn-feeding systems. *J Dairy Sci*, 88: 1264-1276.
46. Formoso, F. (2010) *Festuca Arundinácea, manejo para producción de forraje y semillas*. Montevideo, Uruguay, INIA. 183 p. (Serie Técnica no. 182).
47. Frossasco, B.; García, F.; Odorizzi, A.; Ferrer Martínez, J.; Buretti, M.A.; Echeverría, A. (2017) Evaluación de distintos sistemas lecheros intensivos. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_evaluacion_de_distintos_sistemas_lecheros_intensivos.pdf. Fecha de consulta: 16/05/2020.

48. Gagliostro, G., Páez, R., Taverna, M. (2003) La composición de la grasa butirosa, una alternativa para diferenciar sistemas pastoriles. INTA Rafaela. Mercoláctea 2003. 10 de mayo de 2003. Disponible en: http://anterior.inta.gov.ar/rafaela/info/documentos/mercolactea2003/composicion_grasa_butirosa.pdf. Fecha de consulta: 29/1/2020.
49. Gallardo, M. (2006) Alimentación y composición química de la leche. INTA Rafaela. Argentina, 10 p. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/leche_subproductos/12-alimentacion_y_composicion_leche.pdf. Fecha de consulta: 18/10/2019.
50. García, S.; Fulkerson, W. (2005) Opportunities for future Australian dairy systems a review. Aust J Exp Agric, 45: 1041-1055.
51. Gill, M. (1979). The principles and practice of feeding ruminants on complete diets. Grass Forage Sci, 34: 155-161.
52. Grant, R.J.; Albright, J.L. (2001) Effect of Animal Grouping on Feeding Behaviour and intake of Dairy Cattle. J Dairy Sci, 84: 156-163.
53. Grille, L. (2016). Caracterización estacional de la calidad de leche de taque en predios de la región litoral norte de Uruguay. Efecto del tiempo y almacenamiento y tamaño del rodeo sobre la calidad higiénico- sanitaria. Tesis de Maestría, Facultad de Veterinaria, Udelar, 68 p.
54. Gutierrez, L.E.; Rostagnol, R.Y.; Saravia, JI. (2014) Consumo, comportamiento y ritmo de ingestión en vaquillonas alimentadas en base a una pastura templada y suplementadas a razón del 1% de peso vivo en diferentes frecuencias diarias. Tesis Doc. en Ciencias Vet. Montevideo, Uruguay. Facultad de Veterinaria, Udelar. 35 p.
55. Haley, DB.; de Passillé, AMB.; Rushen, J. (2001) Assessing cow comfort: effects of two floor types and two tie stall designs on the behaviour of lactating dairy cows. Appl Anim Behav Sci, 71: 105–117.
56. Hernandez-Mendo, O.; von Keyserlingk, MAG.; Veira, DM.; Weary, DM. (2007) Effects of pasture on lameness of dairy cows. J Dairy Sci, 90: 1209–1214.
57. Herskin, MS.; Munksgaard, L.; Ladewig, J. (2004) Effects of acute stressors on nociception, adrenocortical responses and behavior of dairy cows. Physiol Behav, 83: 411–420.
58. Hetti Arachchige, AD.; Fisher, AD.; Auldist, MJ.; Wales, WJ.; Jongman, EC. (2013) Effects of different systems of feeding supplements on time budgets of cows grazing restricted pasture allowances. Appl Anim Behav Sci, 148 (1-2): 13–20.

59. Higashiyama, Y.; Nashiki, M.; Narita, H.; Kawasaki, M. (2007) A brief report on effects of transfer from outdoor grazing to indoor tethering and back on urinary cortisol and behaviour in dairy cattle. *Appl Anim Behav Sci*, 102: 119–123.
60. Informe Anual de Comercio Exterior. (2018) Uruguay XXI. Disponible en: https://medios.presidencia.gub.uy/tav_portal/2019/noticias/AD_172/Informe%20Anual%20de%20Comercio%20Exterior%20-%202018.pdf. Fecha de consulta: 07/02/2020
61. Instituto Nacional de la Leche (2014). Encuesta Lechera INALE 2014. Disponible en: <https://www.inale.org/historico/primeros-resultados-de-la-encuesta-lechera-inale-2014/>. Fecha de consulta: 12/10/2019.
62. Johnson, HD.; Kibler, HH.; Ragsdale, AC.; Berry, IL.; Shanklin, M. D. (1961) Role of heat tolerance and production level in responses of lactating Holsteins to various temperature-humidity conditions. *J Dairy Sci*, 44: 1191.
63. Kennedy, E.; McEvoy, M.; Murphy, JP.; O'Donovan, M. (2009) Effect of restricted access time to pasture on dairy cow milk production, grazing behaviour, and dry matter intake. *J Dairy Sci*, 92: 168–176.
64. Kilgour, R. (2012). In pursuit of “normal”: A review of the behaviour of cattle at pasture. *Appl Anim Behav Sci*, 138: 1-11.
65. Kirkland, RM.; Patterson, DC. (2006) The effect of quality of grass and maize silage on the intake and performance of beef cattle. *Livest Sci*, 100: 179–188.
66. Kolver, E. (2003) Nutritional limitations to increased production on pasture based systems. *Proc Nutr Soc*, 62: 291-300.
67. Kolver, ES.; Muller, LD. (1998) Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J Dairy Sci*, 81: 1403-1411.
68. Krawczel, P.; Grant, R. (2009) Effects of cow comfort on milk quality, productivity and behavior. *National Mastitis Council Proceedings*, 48: 15–24.
69. Krohn, CC.; Munksgaard, L. (1993) Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments II. Lying and lying-down behaviour. *Appl Anim Behav Sci*, 37: 1–16.
70. Lammers, BP.; Heinrichs, A.; Ishler, VA. (2002) Uso de ración total mezclada (TMR) para vacas lecheras. Departamento de Ciencias Animales. Universidad estatal de Pensilvania. Disponible en: https://www.martinezystanek.com.ar/upload/publicacion/USO_DE_RACION_TOTAL_MEZCLAD.PDF. Fecha de consulta 19/9/19.

71. Legrand, AL.; von Keyserlingk, MAG.; Weary, DM. (2009) Preference and usage of pasture versus free-stall housing by lactating dairy cattle. *J Dairy Sci*, 92: 3651–3658.
72. 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.
73. Meikle, A.; Adrien, M.; Mattiauda, DA.; Chilbroste, P. (2013) Effect of sward condition on metabolic endocrinology during the early postpartum period in primiparous grazing dairy cows and its association with productive and reproductive performance. *Anim Feed Sci Tech*, 186: 139-147.
74. Mendoza, A. (2010) Manipulación de la composición de la leche a través de la alimentación. Simposio: Claves para el manejo nutricional de las vacas de alto potencial. 15 de abril. Colonia, Uruguay. pp: 29-58.
75. Mendoza, A.; Cajarville, C.; Amaral, V.; Piroto, E.; Puig, M.; Repetto, JL. (2012) Concentración de Nitrógeno amoniacal y pH ruminal en vacas lecheras alimentadas con forraje fresco y ración totalmente mezclados. *Veterinaria (Montevideo)* 48 (1): 150.
76. Mendoza, A.; Cajarville, C.; Santana, A.; Repetto, J. (2011) ¿Hacia una nueva forma de pensar la alimentación de las vacas lecheras? La inserción del confinamiento en los sistemas pastoriles de producción de leche. XXXIX Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay. pp: 82-90.
77. MGAP. DIEA. (2011) Anuario Estadístico Agropecuario 2011. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Uruguay. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/diea-anuario-2011-web.pdf>. Fecha de consulta 22/06/2019.
78. MGAP. DIEA. (2018a) Anuario Estadístico Agropecuario 2018. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Estadísticas Agropecuarias. Uruguay. Disponible en: https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2018/Anuario_2018.pdf. Fecha de consulta: 22/06/2019.
79. MGAP. DIEA. (2018b) Estadísticas del Sector Lácteo 2017. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, Uruguay. Serie Trabajos Especiales N°354. Disponible en: http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/informe_final.pdf. Fecha de consulta: 07/02/2020.
80. Miller, PS.; Reis, BL.; Calvert, CC.; DePeters, EJ.; Baldwin, RL. (1991) Patterns of nutrient uptake by the mammary glands of lactating dairy cows. *J Dairy Sci*, 74: 3791-3799.

81. Miller, K.; Wood-Gush, D. (1991) Some effects of housing on the social behaviour of dairy cows. *Anim Sci*, 53(3): 271-278.
82. Müller, L. (2003) Pasture-Based Systems for Dairy Cows in the United States. Disponible en: <https://extension.psu.edu/pasture-based-systems-for-dairy-cows-in-the-united-states>. Fecha de consulta: 20/10/19.
83. NRC. National Research Council (1989) Nutrient requirements of dairy cattle. 6a. edition. Washington, National Academy Press, 112 p.
84. NRC. National Research Council (2001) Nutrient requirements of dairy cattle. 7ª ed. Washington, National Academy Press, 381 p.
85. Olmos, GL.; Boyle, A.; Hanlon, J.; Patton, J.; Murphy, J.; Mee, JF. (2009) Hoof disorders, locomotion ability and lying times of cubicle-housed compared to pasture-based dairy cows. *Livestock Science*, 125:199–207.
86. Rovira, J. (1996) Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 288 p.
87. Salado, E. (2012) Estrategias de alimentación en sistemas lecheros: comparación de sistemas confinados vs pastoriles. 12º Congreso Panamericano de la Leche. Asunción, Paraguay, 13 p.
88. Saravia, C.; Astigarraga, L.; Van Lier, E.; Bentancur, O. (2011) Impacto de las olas de calor en vacas lecheras en Salto (Uruguay). *Agrociencia*, 15 (1): 93-102.
89. Scharen, M.; Jostmeier, S.; Ruesink, S.; Huther, L.; Frahm, J.; Bulang, M.; Meyer, U.; Rehage, J.; Isselstein, J.; Breves, G.; Danicke, S. (2016) The effects of a ration change from a total mixed ration to pasture on health and production of dairy cows. *J Dairy Sci*, 99: 1183-1200.
90. Schütz, KE.; Rogers, AR.; Poulouin, YA.; Cox, NR.; Tucker, CB. (2010) The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *J Dairy Sci*, 94: 125-133.
91. Shabi, Z.; Murphy, MR.; Moallem, U. (2005) Within-day feeding behaviour of lactating dairy cows measured using a real-time control system. *J Dairy Sci*, 88: 1848–1854.
92. Stoop WM.; Bovenhuis, H.; Heck, JM.; van Arendonk, JA. (2009) Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *J Dairy Sci*, 92:1469–1478.
93. Sutton, JD.; Morant, SV. (1989) A review of the potential of nutrition to modify milk fat and protein. *Livest Prod Sci*, 23: 219-237.
94. Tebot, I.; Cajarville, C.; Repetto, JL.; Cirio, A. (2012) Supplementation with non-fibrous carbohydrates reduced fiber digestibility and did not improve microbial

protein synthesis in sheep fed fresh forage of two nutritive values. *Animal* 6(4): 617-623.

95. Toni, F.; Vicenti, L.; Grigoletto, L.; Ricci, A.; Schukken, YH. (2010) Early lactation ratio of fat and protein percentage in milk is associated with health, milk production, and survival. *J Dairy Sci*, 94: 1772-1783.
96. Tucker, CB.; Weary, DM. (2004) Bedding on geotextile mattresses: how much is needed to improve cow comfort? *Journal of Dairy Science*, 87: 2889–2895.
97. Tucker, CB.; Weary, DM.; Fraser, D. (2003) Effects of three types of free-stall surfaces on preferences and stall usage by dairy cows. *J Dairy Sci*, 86: 521–529.
98. Tucker, CB., Weary, DM., Rushen, J., de Passillé, AM. (2004) Designing better environments for dairy cattle to rest. *Advances in Dairy Technology*, 16: 39–53.
99. Van Vuuren, AM.; Tamminga, S.; Ketelaars, RS. (1993) Ruminant Ryegrass versus Corn starch or beet pulp fiber diet effects on digestion and intestinal amino acids in dairy cows. *J Dairy Sci*, 76: 2692-2700.
100. Vibart, RE.; Fellner, V.; Burns, JC.; Huntington, GB.; Green, JT. (2008) Performance of lactating dairy cows fed varying levels of total mixed ration and pasture. *J Dairy Res*, 75:471-480.
101. Wales, W.; Marret, L.; Greenwood, J.; Wright, M.; Thornhill, J.; Jacobs, J.; Ho, C.; Auldist, M. (2013) Use of partial mixed rations in pasture based dairying in temperature regions of Australia. *Anim Prod Sci*, 53: 1167-1178.
102. Walstra, P.; Geurts, TJ.; Noomen, A.; Jellema, A.; Van Boekel, MA. (2001) *Ciencia de la leche y tecnología de los productos lácteos*. Zaragoza, Acribia, 748 p.
103. Walstra, P.; Wouters, J.; Geurts T. (2006) *Dairy Science and Technology*. New York, Taylor and Francis, 808 p.
104. Wechsler, B.; Schaub, J.; Friedli, K.; Hauser, R. (2000) Behaviour and leg injuries in dairy cows kept in cubicle systems with straw bedding or soft lying mats. *Appl Anim Behav Sci*, 69: 189–197.
105. Welch, JG.; Hooper, AP. (1993) Ingestión de alimentos y agua. En: Church, C.D. (Ed.) *El rumiante: fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza, Ed. Acribia. pp 117-126.