

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DEL CONTROL DE LA ALIMENTACIÓN Y EL AMBIENTE  
PRODUCTIVO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE DE  
VACAS LECHERAS DE PARICIÓN OTOÑAL EN LACTANCIA MEDIA**

**por**

**Maikol CORREA LLOVET  
Juan Andrés D'AVIS VELÁZQUEZ**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2021**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. PhD. Pablo Chilibroste

-----

Ing. Zoot. MSc. Gabriel Menegazzi

-----

DCV. MSc. María Noel Méndez

Fecha: 20 de abril de 2021

Autores: -----

Maikol José Correa Llovet

-----

Juan Andrés D'Avis Velázquez

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro tutor, el Ing. Agr. PhD. Pablo Chilibroste, por brindarnos la oportunidad de realizar este trabajo, así como por su paciencia y orientación durante este proceso.

Al equipo de trabajo de la EEMAC Ma. Noel, Lourdes, Gabriel, Matías, Joaquín, Oliver, Graciana, a los funcionarios del tambo y al laboratorio.

A nuestros amigos y amigas, que de alguna manera u otra estuvieron durante el transcurso de esta carrera.

A nuestras familias, en especial a nuestros padres, que nos dieron la oportunidad de llegar adonde hoy estamos.



4.1. CLIMA.....	28
4.2. CONSUMO .....	29
4.2.1. <u>Consumo de DTM</u> .....	30
4.2.2. <u>Consumo de pasto</u> .....	31
4.2.3. <u>Consumo total</u> .....	34
4.3. PRODUCCIÓN DE LECHE Y COMPOSICIÓN.....	36
4.3.1. <u>Producción de leche</u> .....	37
4.3.2. <u>Composición de la leche</u> .....	40
4.4. CONDICIÓN CORPORAL.....	46
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	48
6. <u>RESUMEN</u> .....	49
7. <u>SUMMARY</u> .....	50
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	51

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Composición en % de la DTM para el período de experimento .....	24
2. Composición química de los componentes de la DTM ofrecida a los tratamientos durante los meses del experimento.....	25
3. Efecto de los tratamientos, semana y su interacción (tratamiento x semana) sobre consumo total, consumo de DTM y consumo de pasto para los tratamientos ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto) .....	29
4. Consumo de MS (kg MS/vaca/día) promedio para los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto) .....	29
5. Potrero, recurso y asignación en KgMS/animal/día para los tratamientos ACA-DPM (pastoreo+DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto).....	31
6. Efectos de los tratamientos, semana y su interacción (tratamiento x semana) sobre producción de leche, grasa, proteína y lactosa para los tratamientos ACA-DPM (pastoreo+DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto).....	36
7. Grasa, proteína y lactosa de los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto) .....	40
8. Condición corporal inicial, promedio y final para los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto) .....	47

## Figura No.

1.	Curva de lactancia para distintas estaciones de parto.....	5
2.	Actividad diaria de los animales según tratamiento.....	23
3.	Consumo de DTM (kg MS/vaca/día) para los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto) en función de las semanas de estudio.....	30
4.	Consumo de pasto (kg MS/vaca/día) para los tratamientos ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo + DTM a cielo abierto) en función de las semanas de estudio.....	32
5.	Consumo de forraje, TMR y asignación de forraje (kgMS/animal/día) para el tratamiento ACA-DPM.....	33
6.	Consumo de forraje, TMR y asignación de forraje (kgMS/animal/día) para el tratamiento BCA-DPM.....	34
7.	Consumo total de MS (kg MS/vaca/día) para los tratamientos. ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto) en función de las semanas de estudio.....	35
8.	Producción de leche (lt/día) para los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto).....	37
9.	Producción de leche (lt/vaca/día) a partir del 1ero. de junio para los para los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo + DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto).....	38
10.	Evolución de la grasa en leche (%) de los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo + DTM a cielo abierto).....	42
11.	Evolución de la proteína en leche (%) de los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo + DTM a cielo abierto).....	43

12. Evolución de la lactosa en leche (%) de los tratamientos  
ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo)  
y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto)..... 45
13. Evolución de la condición corporal de los tratamientos  
ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo)  
y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto)..... 46

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de leche en Uruguay ha crecido en los últimos 15 años, aumentando de 1.311.353 litros a 2.137.000.000 de litros, entre los ejercicios 2000/2001 y 2017/2018 (MGAP. DIEA 2000, 2019). Este incremento en producción ha sido a base de una mayor productividad por unidad de superficie, debido a que la superficie total destinada a la producción ha disminuido. Pasó de 1.235.000 hectáreas en 2000/2001 a 754.000 hectáreas en 2017/2018.

Los sistemas de producción lecheros del país basan sus dietas mixtas en praderas plurianuales y verdeos estacionales cosechados directamente por el animal, combinado con la utilización de suplementos energéticos o forraje conservado. Esta estrategia vuelve a los sistemas de producción competitivos internacionalmente, debido a sus bajos costos de producción, explicado por la gran participación que tiene la cosecha directa de pasto en la dieta del animal.

El menor costo de producción de los sistemas pastoriles ha llevado a un aumento de la carga de estos con el fin de aumentar la cosecha directa de forraje por unidad de área. Según Chilibroste y Battezzato (2019), la carga animal aumento sostenidamente en el periodo 2011-2015 (1,01 vs. 1,12 VM/Ha VM para 2011 y 2015 respectivamente) manteniendose relativamente estable luego de este periodo. El consumo de materia seca diario por vaca en ordeño representado por el pastoreo directo pasó de 52 % en 2015 a 61 % en 2018, mientras que las reservas disminuyeron de 21% a 16% y los concentrados de 28% a 23% en el mismo periodo.

La mayor inclusión de reservas forrajeras y concentrados se ha vuelto una práctica común en los sistemas lecheros, tanto en períodos estratégicos como de forma estructural. La suplementación se realiza mayoritariamente en períodos como el primer tercio de la lactancia o momentos donde la producción de forraje es deficitaria debido a condiciones climáticas o reducción del área de pastoreo por siembra.

La utilización de DTM (dieta total mezclada), donde concentrado, forraje y aditivos se suministran de forma homogénea permite un consumo de nutrientes más cercano a las demandas del animal y mejora la eficiencia de alimentación. Mejorar la transformación de nutrientes consumidos en leche puede ser beneficioso tanto para la rentabilidad como para minimizar el impacto ambiental. El sistema de suplementación a cielo abierto es el más utilizado por los productores, donde los animales se ven expuestos a las condiciones ambientales que pueden afectar su bienestar y producción.

Para comprender el efecto de la utilización de la DTM y su interacción con el ambiente, se plantea este estudio donde se evalúa la utilización de diferentes ambientes (encierro a cielo abierto vs. encierro en establo) y sistemas de alimentación DTM vs. DPM (pastoreo + DTM) sobre la producción y composición de la leche en lactancia media de vacas paridas en otoño.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivos generales

El objetivo de este experimento fue estudiar el efecto de la utilización de diferentes ambientes y sistemas de alimentación sobre la performance productiva de vacas Holando de parición otoñal en lactancia media.

### 1.1.2. Objetivos específicos

Estudiar el efecto de las diferentes estrategias de alimentación (DTM o DPM) sobre el consumo de materia seca, producción de leche y composición de la leche (porcentaje de grasa, proteína y lactosa).

Estudiar el efecto del nivel de control ambiental (cielo abierto o cama caliente) bajo el sistema de alimentación DPM sobre el consumo de materia seca, producción de leche y composición de la leche (porcentaje de grasa, proteína y lactosa).

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR LECHERO EN URUGUAY

El sector lechero ocupa actualmente un 5 % del territorio uruguayo y presenta una disminución en el área ocupada en los últimos años, pasando de 850.000 hectáreas en 2010 a unas 754.000 hectáreas en 2018. En cuanto al número de tambos, estos han disminuido un 18 % en el mismo período de tiempo, mayormente explicado por predios menores a 500 hectáreas. A pesar de estas características, la producción de leche ha aumentado, pasando de 2.057.000.000 litros en 2010 a 2.173.000.000 litros en 2018. Esto demuestra una intensificación del sector, explicada por un aumento de la producción individual y la carga animal (MGAP. DIEA, 2019).

El 60 % del área lechera se encuentra bajo pasturas mejoradas, siendo estas la base nutricional del ganado lechero y estando compuesta por pasturas implantadas para cosecha directa, sumado a cultivos destinados para la realización de reservas. Existe una correlación negativa entre el costo de producción y el área para ser utilizada en régimen de pastoreo directo (Clark y Jones, citados por Chilibroste, 2002). Esto explica que a pesar de un aumento de la suplementación (concentrado y forrajes conservados), la base de los sistemas de producción de leche en Uruguay sigue siendo esencialmente pastoril. Fariña y Chilibroste (2019) destacan que el consumo de forraje producido en el sistema (pastura más reservas) representa el 75 % de la materia seca (MS) total consumida.

El aumento de la carga en los predios y el desfasaje entre la oferta de pastura y demanda de alimento han llevado a una mayor utilización estratégica de las reservas forrajeras, que aumentan la oferta total de alimento con el fin de compensar los períodos de menor producción de las pasturas. En un relevamiento nacional para el “Proyecto Producción Competitiva” (PPC) de Conaprole, en el período 2011-2013, se observó que la alimentación de la vaca masa (VM) para los predios participantes, se basó un 50 % en la cosecha directa de forraje, 25 % de concentrados y 25 % de reservas (Chilibroste y Battezzore, 2014). En el periodo 2013 a 2018 el consumo total promedio por vaca en ordeño estuvo en el orden de los 17 kg de materia seca, representado por valores superiores en este periodo de consumo de forraje (55 %). El

consumo de concentrado fue similar (20 %), mientras que los consumos de reservas forrajeras fueron menores (25 %, Chilibroste y Battegazzone, 2019).

En cuanto a los sistemas de alimentación, el suministro del concentrado y las reservas forrajeras de forma separada es el sistema dominante elegido por el 71 % de los tambos que integran el PPC. Durante el periodo 2013 a 2018 el suministro de forma mezclada de los alimentos concentrados y fibrosos disminuyó de 31 % a 24 % de los tambos. El 85 % de los tambos suministran el concentrado en la sala de ordeño y una menor cantidad en comederos lineales sobre piso de balasto u hormigón (13 % a 15 %). En cuanto a las reservas forrajeras el sistema de comederos a campo es el dominante (40-45 %), mientras que el suministro en comederos sobre piso de hormigón o balasto lo realiza un 22 % a 26 % de los productores (Chilibroste y Battegazzone, 2019).

Según el PPC, durante el período 2013 a 2018 hubo partos durante todos los meses del año, pero la mayor concentración se dio entre los meses de marzo y septiembre, aproximadamente el 65 % de los partos (Chilibroste y Battegazzone, 2019).

## 2.2. ÉPOCA DE PARTO

La estación o mes de parto afecta la producción de leche por vaca y por hectárea por diversas vías, directas e indirectas (García y Holmes, 1999), teniendo efectos importantes en el patrón de demanda de alimentos y en la oferta de leche a lo largo del año. La distribución anual de la producción de leche se ve afectada debido a que la lactancia es un proceso fisiológico, que implica un rápido aumento de la producción de leche, desde un valor relativamente bajo al parto hasta un nivel máximo, generalmente alcanzado alrededor de cinco a seis semanas postparto (Keonwn y Van Vleck, citados por García y Holmes, 1999). Luego continúa una gradual declinación (persistencia de la curva de lactancia) hasta la terminación de la lactancia de forma natural o forzada. Los cambios en la disponibilidad y calidad de los alimentos a lo largo del año pueden influir en la forma de la curva de lactancia y, en consecuencia, en la producción de leche (Wood, citado por García y Holmes, 1999).

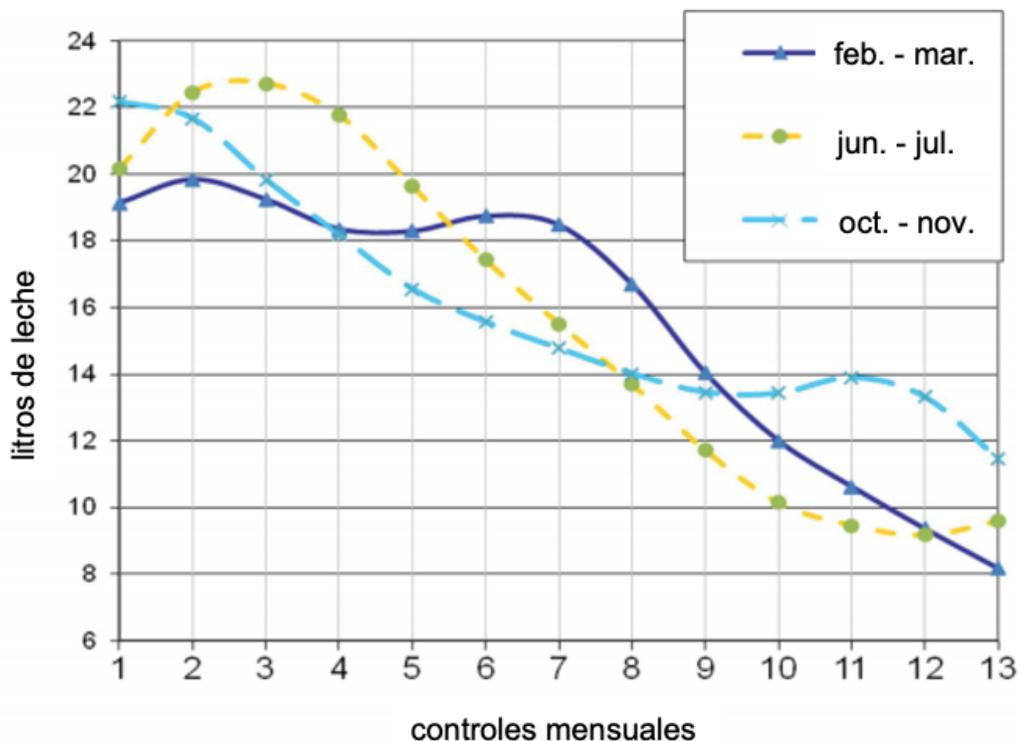


Figura 1. Curva de lactancia para distintas estaciones de parto

Fuente: tomado de Chilibroste (2012).

Como se puede observar en la Figura 1, la curva de lactancia de los partos de febrero-marzo (otoño) se caracterizan por tener un doble pico de producción y tienden a formar el primero en marzo-mayo y el segundo (aproximadamente de la misma magnitud), en julio-septiembre (Chilibroste, 2012). Los niveles de producción en el primer y segundo pico son menores que los considerados para partos de primavera. Sin embargo, la persistencia de estos niveles por más tiempo genera una oferta de leche algo mayor en los meses siguientes.

García y Holmes (1999) reportaron que las vacas paridas en otoño requieren más suplementación durante la lactancia temprana y que generalmente tienen menor producción de leche en el pico de lactancia que las vacas de parto de primavera. Sin embargo, las vacas paridas en otoño pueden tener una mayor producción total de leche y sólidos que las vacas paridas en primavera, debido a una lactancia más larga. Además, se observa un segundo pico de lactancia durante la primavera. Este resultado está asociado a la mayor

disponibilidad y calidad de las pasturas en la primavera (Audlist et al., citados por García y Holmes, 1999).

### 2.3. AMBIENTE

Los ambientes extremos generan un efecto negativo al organismo animal afectando la expresión del potencial productivo. Los efectos del clima sobre los animales están mediados por cambios metabólicos, fisiológicos y de comportamiento, y son más o menos acentuados en función de factores como: raza, edad, nivel productivo y características individuales (Johnson, 1987).

Según La Manna et al. (2014) las razas lecheras en mayor o menor medida sufren de estrés térmico en algún momento del verano, cuando la temperatura excede su rango óptimo (entre 4 y 18 °C). Berman et al. (1985) sugirieron que el límite superior de temperatura ambiente a la que el ganado Holstein puede mantener una temperatura corporal estable es de 25 a 26 ° C, y que deben instituirse prácticas por encima de los 25 °C para minimizar el aumento de la temperatura corporal.

El calor tiene efectos adversos sobre la producción de leche y la reproducción sobre todo en los animales de mayor potencial productivo. Durante el estrés por calor, las vacas disminuyen su consumo de alimento, tienen una menor actividad, buscan sombra y viento, aumentan la frecuencia respiratoria y aumentan tanto el flujo sanguíneo periférico como la sudoración. Estas respuestas tienen un efecto negativo tanto en la producción como en el estado fisiológico de la vaca (West, 2003).

Se debe tener en cuenta también que la humedad relativa además de la temperatura puede generar efectos de estrés térmico ya que al aumentar la humedad se dificulta la eliminación del calor. Para esto Thom (1959) desarrolló el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) que se obtiene al combinar ambos elementos. Según Johnson et al. (1961) a partir de un ITH de 72 la performance de vacas lecheras se ve afectada, sin embargo, recientemente se sugirió que incluso con un ITH inferior a 72 algunas vacas especialmente las de alta producción pueden verse afectadas negativamente. Factores como la temperatura y la humedad son determinantes en la producción, habiendo registros de mermas de hasta 18,5% (Saravia et al., 2011).

Según Temple et al. (2015) una vaca de alta producción (más de 30 kg/día) genera un 48% más de calor que una vaca seca, lo que aumenta el riesgo de estrés por calor. Las vacas al inicio de la lactación son

particularmente sensibles a los efectos de las altas temperaturas. Esto es debido tanto a la elevada producción de leche como al aumento del consumo de alimento.

La presencia de barro es otro de los factores que afectan la productividad de las vacas lecheras, afectando la producción de leche y la sanidad animal debido a que, Según Re (2012) el barro aumenta los costos energéticos de mantenimiento de los animales debido al mayor esfuerzo que estos hacen al caminar, y también por la mayor pérdida de calor de los animales la echarse sobre el barro. Afecta el consumo ya que cada centímetro de barro a la altura del comedero los animales disminuyen el 1% del consumo de alimento. Disminuye la frecuencia de alimentación ya que los animales se acercan menos a los comederos. Según Lager (2006), luego de un período prolongado de lluvia, se forma gran cantidad de barro por el cual las vacas deben transitar, lo cual las predispone a patologías podales y mastitis.

Los sistemas productivos uruguayos basan sus dietas en las pasturas cosechadas directamente por los animales, siempre y cuando el stock de forraje del sistema es suficiente y/o las condiciones ambientales lo permiten. Durante períodos de bajo crecimiento de la pastura y disminución del stock, así como de lluvias abundantes y anegación del suelo, además de los momentos en que son suplementados a campo, los animales deben permanecer fuera de la pastura en áreas a cielo abierto que no están acondicionadas para soportar extensos y/o frecuentes períodos de confinamiento. Esto hace que los animales estén altamente expuestos a factores ambientales y de manejo que limitan su potencial productivo.

Para resolver esta problemática surgen distintos sistemas de control ambiental para los animales proporcionándoles distintos niveles de confort. En el actual trabajo haremos referencia a dos sistemas, confinamiento a cielo abierto y confinamiento cama caliente.

### 2.3.1. Sistema de confinamiento a cielo abierto

Como se mencionó previamente, este tipo de sistema de alimentación es el más predominante en los predios del país, basándose en destinar un área dentro del sistema para la alimentación de las vacas implicando una baja inversión. Una de las grandes fortalezas que presenta este tipo de confinamiento, además de su bajo costo, es la flexibilidad para incluirlo en sistemas pastoriles (Frossasco et al., 2015).

Generalmente se utilizan zonas de suelo compactado donde se ofrece alimento, agua y sombra a los animales buscando brindarles un mayor confort y

disminuir el desperdicio de los alimentos ofrecidos. Dos aspectos importantes a tener en cuenta a la hora de la elección del terreno son la pendiente (2-4 %) y la compactación del piso, con la finalidad de evitar la acumulación de barro que ocasiona problemas sanitarios. En este tipo de sistemas se construyen sombras, debido a que los animales están expuestos a las condiciones climáticas. La distancia entre la sombra y los comederos no debe ser excesiva debido a que en verano las vacas prefieren la sombra disminuyendo la productividad (Frossasco et al., 2015).

### 2.3.2. Sistema de confinamiento cama caliente o compost

El sistema de estabulación mediante cama caliente o compost se utiliza principalmente como un sistema de dos áreas, con un área de descanso y un callejón de alimentación sólido. El aserrín o las virutas secas de madera fina o las astillas de madera se utilizan principalmente como material de cama. El material de la cama debe agitarse dos veces al día. Al agitar se produce la mezcla de heces y orina en el material de la cama. Posteriormente, la mezcla se descompone por medio de microorganismos aeróbicos (Ofner-Schröck et al., 2015). Según Frossasco et al. (2015), por debajo de los 15-25 cm de la superficie se deben cumplir ciertos requisitos en cuanto a la temperatura (45-55°C), humedad en torno (50-60 %), pH (6.5-8.0) y una relación C: N (25:1-30:1) a modo de asegurar la tasa de descomposición de la MO y la formación del compost.

Este sistema permite a los animales más libertad de movimiento y comodidad, como también acostarse de una manera más natural (Barberg et al., 2007). Según Damasceno (2012), el sistema de cama caliente compost proporciona un estado seco y un ambiente seguro, comodidad y bienestar para el animal y una forma correcta de manejar los desechos orgánicos.

## 2.4. CONSUMO

La cantidad de alimento que un animal puede consumir es, el factor más importante en la determinación de la performance animal. La productividad de un animal, dada cierta dieta, depende en más de un 70 % de la cantidad de alimento que pueda consumir y en menor proporción de la eficiencia con que digiera y metabolice los nutrientes consumidos (Waldo, citado por Chilibroste, 1998).

#### 2.4.1. Factores que afectan el consumo

Existe una innumerable lista de factores que afectan el consumo en los animales, que se pueden descomponer en los siguientes (Ingvarsen, citado por Chilibroste, 1998):

- ☐ Inherentes al animal (raza, genotipo, sexo, edad, peso vivo, crecimiento, producción de leche, número y etapa de lactancia, preñez, nutrición previa, condición corporal, enfermedades).
- ☐ Inherentes al alimento (especie forrajera, composición química de la dieta, porcentaje de MS, digestibilidad, perfil de degradación y tasa de pasaje, procesamiento, grasa, calidad de conservación, palatabilidad).
- ☐ Inherentes al ambiente y manejo (acceso al alimento, frecuencia de alimentación, dieta completa vs. separada, anabólicos, aditivos, sales minerales, alojamiento-ambiente, temperatura, fotoperíodo y humedad).

Además de los mencionados anteriormente según Chilibroste (1998), en animales en pastoreo se debería considerar factores de la pastura como la disponibilidad, la estructura, la densidad o altura del forraje y del animal, tales como tasa de cosecha, estrategia de pastoreo, selectividad, etcétera

#### 2.4.2. Teorías de regulación del consumo

Según Chilibroste (1998), la regulación del consumo es un proceso multifactorial donde se combinan señales físicas y metabólicas responsables del control del consumo.

En cuanto a la regulación física, el animal consume hasta un determinado nivel de llenado, donde se produce una distensión de las paredes del rumen, y a este nivel los receptores mecánicos se activan y envían una señal al sistema nervioso central para que detenga el consumo. Siendo la presión sobre las paredes aumentada cuando los niveles de consumo son altos y aliviada cuando el rumen se vacía, lo cual va a depender de la tasa de pasaje del alimento y de la capacidad que tengan los microorganismos de atacar al mismo. Si aumenta la tasa de pasaje, las paredes del órgano se van a distender y reducir más rápido, desapareciendo el estímulo de los receptores, y se estimulará el consumo (Chilibroste, 1998).

La teoría de regulación fisiológica del consumo se basa en el concepto de que si un animal dispone de una cantidad de nutrientes, principalmente energía y proteína, superior a los requerimientos de mantenimiento y producción, factores fisiológicos actuarán deprimiendo el apetito y, por lo tanto, su consumo. Esta teoría relaciona la calidad del alimento con el consumo. Cuando mejora la calidad de la dieta, aumenta el aporte de nutrientes por unidad de alimento, por lo que es necesario consumir por parte del animal una menor cantidad para disponer de la cantidad de nutrientes requeridos (Pendini, 2008).

Una depresión del consumo de materia seca fue observada por Mbanya et al., citados por Chilbroste (1998), cuando combinaron el llenado artificial del rumen e infusión de ácidos grasos volátiles a niveles en los que individualmente no habían producido efectos, reafirmando así que el consumo está regulado por múltiples factores.

#### 2.4.3. Consumo en pastoreo

Según el esquema planteado por Alden y Whittaker (1970), el consumo en pastoreo es afectado por la interacción entre el tiempo dedicado por el animal a pastorear y la tasa de consumo de forraje del mismo en dicho tiempo. Siendo la tasa de consumo de forraje afectada por diferentes factores como ser la tasa de bocado y el peso de bocado. Chilbroste et al. (2005, 2015) determinaron que el peso de bocado es un factor que está afectado fuertemente por la condición de la pastura como ser la altura (cm) de la misma y la densidad (plantas/m<sup>2</sup>).

Laca et al. (1992), mediante la utilización de pasturas artificialmente construidas, determinaron que la altura y la densidad del forraje fueron los factores de mayor relevancia en la definición de profundidad y área de bocado y, en consecuencia, en el peso de bocado. En general, una relación curvilínea ha sido observada entre la altura de la pastura y el peso de bocado, con incrementos decrecientes en peso de bocado, a medida que aumenta la altura de la pastura. Esta relación que es funcionalmente estable está fuertemente influenciada en los valores absolutos por la densidad de la pastura (Laca et al., Mayne et al., citados por Chilbroste, 2002). El efecto benéfico sobre el consumo, al manejar pasturas con alturas de forraje ofrecido no limitante, cae en la medida que disminuye la densidad de plantas por unidad de superficie (Chilbroste et al. 2005, 2015).

El tiempo destinado al pastoreo es inversamente proporcional al tiempo de acceso a la pastura. Así las vacas muestran una caída exponencial en la proporción del tiempo usado para pastorear cuando aumenta el tiempo de

acceso a la pastura (Chilibroste et al., 2015) Este comportamiento debería ser considerado debido al potencial efecto negativo de la permanencia de los animales (pisteo y eliminación de heces) sobre la utilización y productividad de las pasturas.

Cuando se suplementan vacas lecheras en pastoreo se debe tener en cuenta la disminución en el consumo de MS de pastura conocido como tasa de sustitución, y los efectos asociativos entre los alimentos durante la digestión (Doyle et al., 2001). Según Bargo et al. (2002a, 2003), la utilización de concentrados energéticos como suplemento de una pastura de alta calidad provoca un incremento en el consumo MS total. Sin embargo, se ve disminuido el consumo de forraje.

Los distintos factores que inciden sobre el consumo animal relacionados al manejo de la suplementación interfieren con los factores asociados al manejo de la pastura, potenciando o deprimiendo la respuesta productiva. Por ejemplo, estudios en pastoreo evaluando el efecto de disponibilidad de pastura sobre la tasa de sustitución y la respuesta a la suplementación en vacas lecheras de alta producción reportaron que la tasa de sustitución aumentó y la respuesta a la suplementación disminuyó a medida que la disponibilidad de pastura aumentó (Bargo et al., 2003).

#### 2.4.4. Sistemas de alimentación

La mayor limitante de los sistemas de producción donde la estrategia de alimentación es la cosecha directa del forraje radica es la dificultad de asegurar un correcto balance entre la oferta y demanda de alimento de calidad a lo largo del año (Chilibroste et al. 2002, 2011, Cajarville et al. 2012).

La concentración energética de este tipo de alimento varía entre 1.53 a 1.67 Mcal/kg MS de energía neta de lactación (Bargo et al., 2003). Dietas con alta proporción de forraje puede provocar disminuciones en el consumo de materia seca (MS) debido a restricciones de tipo físicas (i.e. digestión y pasaje de material por el tracto digestivo) o a la alta cantidad de agua ingerida con la pastura (Chilibroste et al. 2005, Dillon 2006). Además, las vacas en pastoreo presentan costos de energía vinculados a las caminatas y a la búsqueda y cosecha de la pastura (Kolver, 2003). Esto evita que se explote el potencial de producción de leche en vacas de alto mérito genético (Kolver y Müller, 1998).

Para aumentar el consumo de MS y energía, se utilizan suplementos que pueden ser concentrados o forrajes conservados. Existen diferentes estrategias para la utilización de la suplementación, donde esta reemplaza

parcial o totalmente el pastoreo. En este último caso, los animales permanecen confinados, con acceso al alimento y agua dentro del establo.

Cuando se reemplaza parcialmente el pastoreo, una alternativa es la combinación con una DTM lo cual se conoce como dietas parcialmente mezcladas (DPM) debido a que la pastura no es una parte física dentro de las DTM (Salado, 2012). Este sistema intermedio permite explotar las fortalezas de ambos sistemas, mediante la utilización de DTM para lograr una producción de leche más estable a lo largo del año, manteniendo la base pastoril que reduce los costos de alimentación y mejora la salud y bienestar animal del rodeo (Soriano et al. 2001, Washburn et al. 2002).

Las DTM se basan en la combinación de forrajes y alimentos concentrados completamente mezclados y de esta forma se ofrecen a los animales. Habitualmente estas DTM son formuladas cubriendo los requerimientos totales de nutrientes, y tienen como ventaja la posibilidad de ofrecer una dieta con un aporte balanceado de nutrientes, y con mínima posibilidad de selección por componentes individuales de la ración (Gill, 1979).

Estos sistemas logran la expresión del potencial productivo en vacas de alto mérito genético y mejoran la eficiencia de conversión (Vibart, 2006). Sin embargo, presentan desventajas, fundamentalmente del orden de la salud y bienestar animal, como ser el aumento en la incidencia de mastitis, mayor incidencia de desórdenes como laminitis, cetosis y acidosis (Charlton et al. 2011). Sumado a esto los costos de alimentación aumentan, representando más del 50 % de los costos totales de producción (Salado, 2012).

#### 2.4.4.1. Efectos de la inclusión de DTM o DPM sobre el consumo

Kolver y Müller (1998), en un estudio donde evaluaron el consumo de vacas lecheras alimentadas a base de pastura o una DTM, afirman que en condiciones de encierro es posible tener un control del alimento que consume el animal. Las características de las DTM permiten a los animales tener un mayor consumo y reduce el tiempo que destinan para comer, satisfaciendo rápidamente los requerimientos del animal. Los autores observaron menores consumos de materia seca para las vacas que tenían como única dieta la pastura, con respecto a las que fueron alimentadas con DTM (19 vs. 23,4 Kg/d de MS, respectivamente)

Soriano et al. (2001) evaluaron diferentes estrategias de alimentación, comparando una dieta 100 % DTM y la combinación de pastoreo más DTM, variando si esta se suministraba en la mañana o en la tarde. Encontró que el consumo de MS de DTM era mayor al consumo de MS de forraje,

representando un 66 y 76 % del consumo de materia seca total para el tratamiento con pastoreo PM y AM respectivamente.

Según Salado (2012) el consumo de MS de vaca semiconfinadas, alimentadas con diferentes niveles de pastura y DTM, aumenta desde un 7.8 % hasta un 25.5 %, a medida que disminuye la inclusión de pastura en la dieta (24,1; 22,2; 20,7 y 19,2 kg MS/día para 100 % DTM, 75 % DTM, 50 % DTM, 25 % DTM, respectivamente)

Vibart et al. (2008), comparando la combinación de distintos porcentajes de DTM y pastura, encontraron que el aumento proporcional de raigrás en estado vegetativo de 21 a 41 % en base seca no afectó el consumo de MS total, aunque la misma pastura en estado avanzado de madurez, el aumento de la proporción de pastura de 11 a 35 % en base seca redujo el consumo de MS total.

Respecto a la combinación de dietas DTM con pasturas, Bargo et al. (2002a) realizaron un estudio que se basó en alimentar vacas con DPM o DTM. Los autores observaron que a mayor cantidad de pastura en la dieta menor es el consumo de MS total, siendo los animales alimentados con DTM los que obtuvieron mayores CMS total en relación a DPM (25,2 y 26,7 kg/día DPM y DTM, respectivamente).

Mendoza et al. (2016) evaluaron el efecto de variar el tiempo de acceso a una pastura (0, 4 u 8 horas al día) de *Lolium multiflorum* ofrecido cortado fresco sobre el consumo, producción y composición de la leche de vacas Holando consumiendo DTM. Los autores observaron que no había diferencias significativas en el consumo de MO entre los tratamientos que solo tenían como alimento DTM, y los tratamientos con 4 horas de acceso al forraje cortado fresco (22,9 y 23,8 kg MO/animal/día), sin embargo, extender el tiempo de acceso al forraje provocó una disminución en el consumo total de alimento (20,9 kg MO/animal/día).

Fajardo (2013) en un experimento estudió la combinación de DTM con diferentes tiempos de acceso a la pastura (6 horas y 9 horas), sobre la respuesta productiva de vacas lecheras con parición en otoño en lactancia temprana. El consumo total de MS fue menor en los grupos que incluyeron pastura en la dieta (20,0 y 21.8 vs. 26.1 kgMS/día; DTM + 6h o 9h de acceso a la pastura y únicamente DTM, respectivamente). Las vacas con 9 horas de acceso a la pastura lograron un tiempo de pastoreo mayor que las que accedieron por 6 h (281 vs. 231 +-7.6 min.), logrando un mayor consumo de pastura (7,5 vs. 5.5 +-0.67 kg MS/animal/día) y similar consumo de DTM (14,5 vs. 14,2 +- 0.33 kg MS/animal/día).

Guala et al. (2013) estudiaron la combinación de dietas totalmente mezcladas con sistemas de pastoreo (encierro, 1 pastoreo, 2 pastoreo) sobre la respuesta productiva de vacas lecheras de parición otoñal en lactancia temprana. Las vacas que se les asignó mayor tiempo para el pastoreo (2p) fueron las que consumieron mayor cantidad de forraje (kg MS). En términos de porcentaje la diferencia fue de un 21 % a favor del tratamiento P2 comparado con el P1 (7.01 vs. 5.77 kgMS/animal/día). Al igual que Fajardo (2013) el consumo de materia seca total fue mayor para el tratamiento en encierro en comparación con los tratamientos en pastoreo (25,3 vs. 21,1 y 20,6 kgMS/animal/día para encierro, 2p y 1p, respectivamente).

#### 2.4.4.2. Efectos de la inclusión de DTM o DPM sobre la producción de leche

En cuanto a la respuesta en producción frente a los diferentes sistemas de alimentación, Salado (2012), en una revisión de trabajos que combinan DTM, DPM y solo pasturas, detalla que los animales confinados con DTM incrementan la producción de leche en un rango del 5 al 55 %. En términos generales este incremento se atribuye a un mayor consumo de MS y de energía en comparación a animales bajo pastoreo, debido a la baja concentración energética de las pasturas, así como al alto contenido de fibras y de humedad (NRC, 2001).

Salado (2012), evaluando diferentes niveles de inclusión de pastura de avena en combinación con DTM (DTM\_100, DTM\_75, DTM\_50 y DTM\_25), observó que al aumentar la inclusión de DTM, aumentó la producción de leche (34,2; 32,1; 28,3 y 26,8 lt/día, respectivamente) desde un 5,6 % hasta un 27,6 % para los casos extremos. Se concluyó que la diferencia en producción de leche a favor de las dietas con mayor proporción de DTM estaría asociado a un mayor consumo de materia seca.

Kolver y Müller (1998) concluyeron que el desempeño de vacas en pastoreo difirió significativamente del de las alimentadas con DTM en producción de leche (29.6 vs. 44.1 kg/día), estando esto explicado por la diferencia en consumo de materia seca (19.0 vs. 23.4 kgMS/día), donde la producción de las vacas en pastoreo se vio limitada por la ingesta de energía. Esto indicó que vacas de alta producción en pastoreo necesitan energía suplementaria para explotar el potencial productivo.

Bargo et al. (2002a), en un estudio donde compararon tres estrategias de alimentación: pastura más concentrado (PC), DPM y DTM, encontraron que las vacas en el tratamiento con DTM produjeron un 19 % más de leche (6,1 kg/día) que las vacas en el tratamiento con DPM. Además, encontraron un 33 %

más de leche (9,6 kg/día) que las vacas en el tratamiento PC. Estos autores relacionan estas diferencias en la producción de leche entre los tratamientos a las diferencias de energía para mantenimiento por la actividad de caminar y pastorear y con las diferencias en la ingesta de energía.

Fajardo (2013), en un estudio donde comparó tres sistemas de alimentación: ENCIERRO (animales en encierros con 100 % DTM), P6 (6 horas de acceso a pastura + 50 % de DTM), P9 (9 horas de acceso a la pastura + 50 % de DTM), reportó que 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 (35,3; 32,1; 32,9 lt/día para los tratamientos ENCIERRO, P6 y P9).

Mendoza et al. (2016) reportaron que no habían diferencias significativas en cuanto a la producción de leche en los tratamientos que solo consumieron DTM y el tratamiento que tenía 4 horas de acceso al forraje fresco cortado. Sin embargo, extender el tiempo de acceso al forraje cortado hasta 8 horas determinó una disminución en la producción de leche (34,4 y 34,9 vs. 32,7 lt/animal/día para 0, 4 y 8 horas de acceso a forraje fresco cortado).

Al igual que Pomiés (2014), Pastorini et al. (2015), Mendoza et al. (2016), no encontraron diferencias significativas en cuanto a producción de leche al comparar animales que consumían solo DTM y animales que consumían hasta un 30 % de pastura en su dieta total, sin embargo al aumentar a un 50 % la inclusión de pastura en la dieta, la producción de leche presentó una caída significativa (31,0 y 30,0 vs. 27,9 +- 1.02 L/día para 0 %, 30 % y 50 % de pastura en la dieta total).

Guala et al. (2013), con animales de parición de otoño, compararon tres tratamientos E) encierro, P1 con acceso a 1 pastoreo y P2) con 2 pastoreos diarios. Estos autores encontraron que el tratamiento bajo encierro presentó una producción 8,4 % mayor que el tratamiento P2 y un 12 % que el tratamiento P1 (36,64 vs. 33,79 y 32,65 lt/día para encierro, P1 y P2).

Meikle et al. (2013) evaluaron vaquillonas alimentadas únicamente con DTM o con una combinación de DTM y diferentes asignaciones de pastura por animal: alto (30 kg MS/animal/día), medio (15 kg MS/animal/día) o bajo (7,5 kg MS/animal/día), durante los primeros 60 días de lactancia. Obteniendo una producción de leche mayor en el tratamiento alimentado únicamente con DTM que la de los tratamientos manejados con DTM y alta, media o baja asignación de forraje (25,4 vs. 24,1; 23,0 y 19,1 lt/día, respectivamente).

#### 2.4.4.3. Efectos de la inclusión de DTM o DPM sobre la composición de leche

La composición de la leche es de suma importancia a nivel del productor, ya que la concentración de algunos de sus componentes es la que determinará el precio obtenido por cada litro de leche producido (Mendoza et al., 2011). La producción y composición de la leche depende del número de células secretoras, de la capacidad de síntesis de las células y de la cantidad de nutrientes que llegan a la glándula mamaria (Pendini, 2008). Las principales medidas con las que cuenta el productor para modificar la composición de la leche son la nutrición y el mejoramiento genético, siendo la nutrición la vía más rápida y concreta para hacer cambios en la composición de la leche (Sutton 1989, Gallardo 2006).

#### Grasa

La cantidad de grasa en la leche varía entre un 3 y un 5 % y es constituida en un 98 % por triglicéridos sintetizados en la glándula mamaria a partir de una molécula de glicerol y tres ácidos grasos (Rearte, 1992). La grasa láctea es el componente que puede sufrir mayores modificaciones a través de la alimentación o manejo de los animales, los cambios pueden alcanzar hasta 3 unidades porcentuales (Oldham y Sutton 1983, Hernández 2003).

Para lograr un contenido satisfactorio de grasa en la leche es necesaria una cantidad determinada de fibra en la dieta (Calsamiglia 1997, Acosta 2001). Las vacas lecheras tienen necesidades de fibra para mantener la funcionalidad y salud del rumen, se necesita un nivel cuantitativo de fibra y también un cierto tamaño de partícula de la fibra, que contribuya a estimular la rumia y la producción e ingesta de saliva (Acosta, 2001). Se recomienda tenores mínimos de Fibra Detergente Acido (FDA) del orden de 19 a 21 % en la materia seca de la dieta total. A su vez el contenido de Fibra Detergente Neutro (FDN) en la dieta total no debería ser inferior a 26 a 28 % (Acosta, 2001). Según Sutton (1989), cuando los forrajes reemplazan en una proporción por encima del 50% a los concentrados la concentración de grasa en leche aumenta.

El contenido de grasa de la leche es fuertemente afectado a su vez por las características del forraje (tipo, calidad, madurez, tamaño de partícula). Con respecto al tamaño de partícula de la fibra, forrajes de largo  $\leq 1$  cm no estimulan la rumia ni la salivación (no son considerados fibra efectiva), alterando el ambiente ruminal, con cambios en los productos de la fermentación a favor del propionato y deprimiendo la proporción de acetato, precursor de la

grasa láctea, y por lo tanto disminuyendo pronunciadamente el porcentaje de la misma (Bachman, 1992). Menos del 15 % de las partículas con largos de 5 cm o más suele indicar problemas por baja fibra efectiva (Acosta, 2001).

Según Astigarraga (2003), dietas con alta concentración de energía, típicas para vacas de alta producción, generan un cambio en el pH ruminal y una menor digestión de la fibra que provoca cambios en los productos de la fermentación ruminal, disminuyendo la síntesis de grasa a nivel de la glándula mamaria. En estudios realizados por Bargo et al. (2002a), donde compararon tratamientos con DTM y DTM más pastura, no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de grasa entre los tratamientos (3,30 vs. 3,35 % para DTM y DTM+pastura), sí encontrando que el uso de DTM aumentó la producción de grasa (kg/día) explicado por una mayor producción en litros/día de dicho tratamiento. Mendoza et al. (2016) evaluaron animales alimentados con DTM y diferentes horas de acceso a pastura fresca cortada (0, 4 y 8 horas), no encontrando diferencias entre tratamientos en el porcentaje de grasa de la leche (4,10 %, 3,95 % y 3,99 % para los tratamientos DTM, DTM más 4 horas de pastura y DTM más 8 horas de pastura). El mismo experimento fue realizado por De la Quintana et al. (2012), donde no observaron diferencias en el porcentaje de grasa en leche (4,10 %, 3,95 % y 3,99 % para DTM, DTM más 4 horas y DTM más 8 horas respectivamente). Pomiés (2014), Pastorini et al. (2015), comparando diferentes proporciones de DTM y raigrás anual cortado fresco (100 % de la dieta DTM, 70 % DTM y 30 % raigrás y 50 % DTM y 50 % raigrás) no encontraron diferencias en el porcentaje de grasa de la leche, siendo los valores obtenidos 4,11 %, 4,14 % y 4,06 %, respectivamente. Guala et al. (2013) comparando animales bajo encierro y con acceso a uno y dos pastoreos no encontraron diferencias porcentuales en la grasa entre los tratamientos que pastoreaban (P1 y P2) pero sí existiendo diferencias entre estos tratamientos y el que permanecía bajo encierro el cual presentó un menor porcentaje de grasa en la leche (3,98 % y 4,08 % vs. 3,77 %, para los tratamientos P1, P2 y encierro respectivamente). A pesar de tener el tratamiento bajo encierro un menor porcentaje de grasa cuando se comparan en kg de grasa no existieron diferencias entre los tratamientos. Fajardo (2013) reportó que vacas alimentadas 100 % DTM bajo encierro presentan un menor contenido de grasa en comparación con animales con 50 % DTM y 6 horas de acceso a pasturas (3,7 vs. 4 %), no existiendo diferencias en la producción de grasa entre tratamientos. Este menor porcentaje de grasa en la leche podría estar explicado por un menor contenido de fibra de la dieta consumida por los animales en encierro (22,3 % de FDN de ensilaje vs. 31 % de FDN de ensilaje + pastura).

## Proteína

Las proteínas de la leche son sintetizadas a partir de aminoácidos que provienen de la proteína microbiana que es sintetizada en el rumen y de la proteína que pasa a la degradación en ese nivel, en un 90 % son sintetizadas en la glándula mamaria (Rearte, 1992). La energía requerida para la síntesis de proteína es aportada principalmente por la glucosa. En casos especiales la vaca puede movilizar sus propias reservas corporales (Tamminga et al., 1997).

Como ocurre con la grasa, la concentración de proteína en leche está influenciada por la dieta que reciban los animales, pero la variación lograda en este componente es menor (Santos 2002, Gallardo 2006). Las variaciones más comunes son del orden de 0,1 a 0,2 %, siendo los aumentos en proteína acompañados por un aumento en la producción (González et al., 2001).

El valor energético de la dieta es el principal factor limitante del contenido de proteína de la leche, estableciéndose que la concentración de proteína de la leche tiene una correlación positiva con la ingesta de energía metabolizable (Walker et al., 2004). El uso de concentrados provoca cambios en la fermentación ruminal, aumentando la producción de precursores neoglucogénesis (ácido propiónico). Esto resulta en una mayor síntesis hepática de glucosa, disminuyendo la síntesis de esta a partir de aminoácidos, quedando disponibles para ser utilizados por la glándula mamaria para la síntesis de proteína láctea (Rearte, 1992).

Bargo et al. (2002a) no encontraron diferencias en el porcentaje de proteína en leche entre tratamientos consumiendo DTM y DPM (2,99 % vs. 2,95 % respectivamente). Bajo la misma línea Pomiés (2014), Pastorini et al. (2015), comparando diferentes proporciones de DTM y raigrás anual cortado fresco (100 % de la dieta DTM, 70 % DTM y 30 % raigrás y 50 % DTM y 50 % raigrás), no encontraron diferencias en el % de proteína en leche (3,37 %, 3,40 % y 3,39 % respectivamente). Mendoza et al. (2016) evaluaron animales alimentados con DTM y diferentes horas de acceso a pastura fresca cortada (0, 4 y 8 horas) no encontrando diferencias entre tratamientos en el % de proteína de la leche (3,32 %, 3,35 % y 3,25 % para 0, 4 y 8 horas de pastura respectivamente). Los mismos resultados fueron reportados por De la Quintana et al. (2012) en un experimento con los mismos tratamientos concluyendo que no presentan diferencias significativas en % de proteína en leche animales alimentados con DTM o DTM parcial. En un estudio realizado por Guala et al. (2013) encontraron que animales estabulados (solo DTM) y con acceso a doble pastoreo diario + DTM tuvieron mayor % de proteína que animales con solo un pastoreo diario + DTM (3,59 % y 3,5 % vs. 3,4 % para los tratamientos encierro, 2 pastoreos y 1 pastoreo respectivamente). A pesar de no encontrar diferencias

significativas entre los animales con dos pastoreos y estabulados, existió una tendencia hacia un mayor % de proteína en leche en los animales estabulados. Fajardo (2013) reportó como significativa únicamente una diferencia de 100 gramos de proteína más en las vacas que consumían 100 % DTM que las que pastoreaban, sin encontrar diferencias en el porcentaje para dicha variable (3,3 %, 3,4 % y 3,3 % para los tratamientos encierro, DTM+pastoreo 6 horas y DTM+pastoreo 9 horas respectivamente)

## Lactosa

La lactosa es sintetizada por la glándula mamaria a partir de ácido propiónico, producto de la fermentación ruminal que se forma a partir de los hidratos de carbonos solubles, aportados principalmente por el almidón proveniente de la dieta (Pendini, 2008). Debido al poder osmótico que tiene este componente, es que el volumen de leche producido depende de la cantidad de lactosa sintetizada. En general, se considera que la concentración de lactosa no se puede cambiar por medios dietéticos, justamente por su regulación osmótica, no obstante puede ser bajo cuando el nivel de alimentación es insuficiente (Sutton, 1989), siendo los contenidos esperables de 4,6 a 4,8 % (Acosta, 2001).

Pastorini et al. (2015) estudiaron vacas alimentadas con diferentes combinaciones de DTM y forraje fresco de raigrás anual (100 % DTM, 75 % DTM + 25 % forraje, 50 % DTM + 50 % forraje). Los animales del tratamiento DTM75 presentaron mayor porcentaje de lactosa que DTM50 (4,78 % vs. 4,74 % respectivamente) no existiendo diferencias entre DTM100 vs. DTM75 y entre DTM100 vs. DTM50. Fajardo (2013) en un experimento con tres tratamientos 1) DTM, 2) DTM + pastoreo 6 horas y 3) DTM + pastoreo 9 horas, encontró que en el tratamiento con 9 horas de pastoreo el % de lactosa de la leche fue mayor que el tratamiento DTM y DTM + 6 horas (5 % vs. 4,9 % respectivamente). Mendoza et al. (2016) evaluaron los efectos de combinar DTM y diferentes tiempos de acceso a la pastura (0, 4 y 8 horas) no encontrando diferencias significativas en el % de lactosa en leche entre los tratamientos (4,95 %, 4,93 % y 4,95 % para los tratamientos 0, 4 horas y 8 horas de acceso a pastura respectivamente).

### 2.4.4.4 Efectos de la inclusión de DTM o DPM sobre la condición corporal

La condición corporal (CC) es una herramienta útil para medir de forma indirecta las reservas corporales. Su monitoreo periódico permite analizar la evolución del balance energético de los animales y prever la producción de leche y la eficiencia reproductiva, así como reducir la incidencia de enfermedades metabólicas al inicio de la lactancia, mediante la corrección de la

formulación y asignación de los alimentos en las diferentes etapas del ciclo productivo (Bargo y Grigera, 2005). Según Butler (2006), la CC y el peso corporal al parto tienen una relación directa en el comportamiento reproductivo y en la variación de peso postparto. En este sentido, Meikle et al. (2004) reportaron que la condición corporal al parto y su evolución postparto temprano tienen una fuerte influencia en el desempeño productivo de los animales, siendo más acentuado en vaquillonas que en vacas. Además, el intervalo parto-primer ovulación y parto-concepción es menor en animales con condición corporal  $\geq 3$  respecto a animales con condición corporal  $\leq 3$  al parto. Bargo y Grigera (2005) recomiendan que la CC al parto óptima para vacas multíparas debe ser de 3.5 puntos, mientras que para vaquillonas la recomendación es de 3.5 a 3.75, debido a que estas deben continuar con su crecimiento postparto. Los animales no deberían perder más de un punto de score en los primeros 60 días de lactancia. Sin embargo, Contreras et al., citados por Bargo y Grigera (2005) recomiendan una CC al parto de 3.0 en sistemas de producción donde se utilizan dietas totalmente mezcladas, debido a la mayor restricción al consumo en inicio de la lactancia, en la medida que la CC al parto aumenta. Según Adrien (2007), la estimación de la CC debería monitorearse al menos en momentos claves del ciclo productivo de la vaca lechera como ser al parto, mensualmente durante el postparto (por ejemplo, junto al control lechero), al inicio del período seco y en el último mes preparto

El grado de reservas puede evaluarse utilizando diferentes escalas de CC. La estimación de la CC es un método no invasivo, rápido y económico. El método más frecuente usado se basa en apreciaciones visuales y táctiles de la gordura subcutánea caudal, de la región dorsal, en el cual se le asigna un score en una escala de cinco puntos. Donde uno corresponde a una vaca emaciada, tres a una vaca de mediana condición y cinco a una vaca obesa (Edmonson et al. 1989, Krall y Bonnacarrere 1997).

El manejo de los recursos alimenticios, tanto de la pastura (estructura del tapiz vegetal, asignación, tiempo y frecuencia diaria de acceso), como de los distintos suplementos que pueden ofrecerse (concentrados, reservas forrajeras) y su forma de distribución (ofrecidos en sala, en comederos a campo por separado o totalmente mezclados) inciden directa e indirectamente sobre el consumo, los requerimientos destinados al mantenimiento y la producción, y por ende el balance energético de los animales, que repercute finalmente en la condición corporal. En este sentido, Fajardo (2013) evaluó la combinación de diferentes tiempos de acceso a una pastura (6 h y 9 h) y la suplementación con DTM vs. DTM como única fuente de alimento. Los autores no encontraron diferencias en condición corporal para los tratamientos con 6 h de acceso a pastura (un único turno de pastoreo) y DTM como único alimento. Sin embargo, el aumento a 9 h de acceso a la pastura (dos turnos de pastoreo) determinó un

menor nivel de condición corporal. Si bien el mayor tiempo de acceso a la pastura permitió un mayor consumo de pastura en 9h respecto a 6 h, el mayor gasto energético por caminata hacia la parcela y la mayor actividad de pastoreo repercutió negativamente en el balance energético de los animales. Las vacas alimentadas con DTM no se diferenciaron en la condición corporal comparado con 9h pero alcanzaron un mejor desempeño productivo bajo esta estrategia de alimentación. Bajo la misma línea, Soriano et al. (2001) encontraron una mayor ganancia de CC en el grupo de animales que solo accedió a DTM como único alimento, en comparación a los grupos que combinaban DTM con el acceso a una pradera mixta (+0.14 vs. -0.06 y 0.01 para DTM, PPM y PAM respectivamente). Por otra parte, Bargo et al. (2002b) evaluaron el desempeño de animales consumiendo únicamente DTM vs. vacas consumiendo DPM y vacas consumiendo pastura más concentrado (PC), y encontraron que las vacas del tratamiento PC perdieron CC (-0.20), las vacas del tratamiento pDTM lograron mantener CC (+0.01), mientras que las vacas del tratamiento DTM ganaron CC (+0.19), sugiriendo que el suministro de una DTM como complemento del consumo de pastura es una mejor estrategia de alimentación que el simple suministro de un concentrado.

## 2.5. HIPÓTESIS

La alimentación de vacas solamente con DTM provoca un aumento en el consumo de materia seca respecto a vacas alimentadas con DTM y acceso a pastoreo, estas diferencias en consumo determinan un mayor aporte de energía, reflejándose esto en una mayor producción de leche sin diferencias porcentuales en sus componentes.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía, Departamento de Paysandú, Ruta 3 Km 363. Se realizó en el marco del proyecto “¿Cuánto cuesta y cuánto paga el control productivo en sistemas comerciales de producción de leche?”. La duración del trabajo fue de 115 días a partir del día 1 de junio del año 2019.

#### 3.2. ANIMALES Y TRATAMIENTOS

Se utilizaron 48 vacas Holstein de parición de otoño perteneciente al rodeo de la EEMAC, 12 de primera lactancia y las restantes 36 de 2 o más lactancias. La fecha de partos abarcó el periodo comprendido entre el 28 de febrero y 11 de abril.

Las vacas fueron bloqueadas según número de lactancia, condición corporal y peso vivo con la finalidad de tener homogeneidad entre tratamientos, asignándose a un diseño completamente al azar, con tres tratamientos (16 vacas/tratamientos). Los tratamientos aplicados fueron:

ACA-DTM (sistema de encierro permanente en establo techado con sistema de cama caliente, donde los animales fueron alimentados con una dieta total mezclada *ad libitum*).

ACA-DPM (sistema de encierro en establo techado con sistema de cama caliente y combinación de pastoreo intensivo con suministro de dieta parcial mezclada).

BCA-DPM (sistema de encierro “a cielo abierto” y combinación de pastoreo intensivo con suministro de dieta parcial mezclada).

#### 3.3. PASTURA

Se utilizaron diferentes pasturas como base forrajera para los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM, estas fueron avena (*Avena bizantina*) mezcla con raigras (*Lolium multiflorum*), alfalfa (*Medicago sativa*) en mezcla con dactylis (*Dactylis glomerata*) de 1er. año, *Festuca arundinacea* de 2º. año y *Festuca arundinacea* mezcla *Lotus corniculatus* de 3º. año.

### 3.4. MANEJO

En la Figura 2 se presenta el manejo realizado para los animales de cada tratamiento.

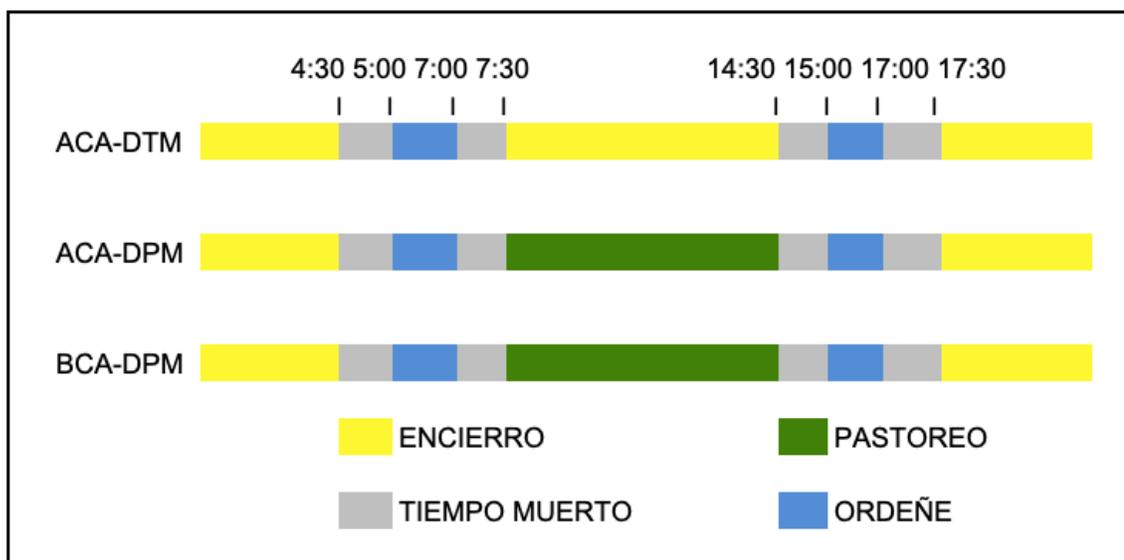


Figura 2. Actividad diaria de los animales según tratamiento

Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día (05:00 y 15:00) de forma separadas siendo el orden tratamiento BCA-DPM, ACA-DPM y ACA-DTM.

Las vacas del tratamiento ACA-DTM permanecieron encerradas en el establo con sistema de cama caliente en bretes agrupadas de a cuatro vacas con similar número de lactancias, con acceso a agua, sombra. Posterior a cada ordeñe se les suministraba una DTM *ad libitum*, elaborada para alcanzar una producción diaria de 50 litros.

Las vacas del tratamiento ACA-DPM y BCA-DPM pastorearon en forma dividida con una carga de 2,5 vacas/ha por tratamiento en parcelas semanales en una sesión de pastoreo (06:30 a 14:00). Posterior al ordeñe vespertino, las vacas del tratamiento ACA-DPM eran encerradas en el establo con sistema de cama caliente, en bretes agrupados de a 4 vacas, mientras que las vacas del tratamiento BCA-DPM se encerraban a cielo abierto en bretes agrupados de a

cuatro vacas. Ambos tratamientos contaban con agua, sombra y una DTM suministrada en comederos. El manejo del pastoreo fue realizado con la finalidad de lograr consumir el crecimiento de la pastura y mantener un stock promedio de 1800 kgMS/Ha plataforma pastoreo para no comprometer la persistencia de las pasturas.

### 3.5. DIETAS

Durante el período en que los animales permanecieron estabulados, fueron alimentados con una ración totalmente mezclada (DTM), formulada según NRC (2001). Fueron utilizados dos concentrados para la formulación de la DTM, lo denominamos concentrado 1 al utilizado hasta mediados de agosto y concentrado 2 al utilizado desde la fecha hasta fines del experimento.

En el Cuadro 1 se presentan los ingredientes de la DTM a lo largo del experimento y en el Cuadro 2 la composición química de los diferentes componentes los cuales fueron utilizados para calcular el % FDN de la dieta.

Cuadro 1. Composición en % de la DTM para el período de experimento

	Forraje (%)				Concentrado (%)
	Ensilaje maíz	Ensilaje sorgo	Ensilaje raigrás	Heno festuca	
Junio	35	-	-	2	63
Julio a 1/2 agosto	35	-	-	6	59
1/2 agosto a 21 septiembre	-	37	-	7	56

Cuadro 2. Composición química de los componentes de la DTM ofrecida a los tratamientos durante los meses del experimento

Alimento	Composición química DPM				
	(%)	MS	PC	FDA	FDN
Concentrado 1	88	23	9	23	6,0
Concentrado 2	88	22	6	22	4,8
Ensilaje maíz	39	5	21	43	-
Ensilaje sorgo	38	6	20	40	-
Ensilaje raigrás	30	12	30	40	-

### 3.6. DETERMINACIONES

#### 3.6.1. En los animales

##### 3.6.1.1. Peso vivo y condición corporal

Se determinó la condición corporal de los animales quincenalmente mediante una escala visual de 5 puntos. El peso vivo se registró mensualmente.

##### 3.6.1.2. Producción de leche

Diariamente durante todo el ensayo se midió la producción de leche de todos los animales, registrando por separado cada una de las vacas de cada tratamiento y en cada ordeño.

##### 3.6.1.3. Composición de leche

Se colectaron muestras de leche (durante los dos ordeños diarios) para la determinación de grasa y proteína semanalmente desde el parto hasta los 90 DPP, quincenalmente desde los 91 hasta los 180 DPP.

##### 3.6.1.4. Consumo de materia seca

Las vacas estaban distribuidas en corrales de a 4 animales, en donde compartían el acceso a los recursos (alimento, agua, sombra). Semanalmente se determinó el consumo grupal de alimento suministrado en el comedero como la diferencia del alimento ofrecido y rechazado en 24 h.

Para los animales en pastoreo de los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM se estimó semanalmente el consumo de pasto por balance de energía, tomando en cuenta requerimientos para mantenimiento y producción (NRC, 2001) y el aporte de los alimentos consumidos en los comederos. Cuando el consumo de DTM en los comederos no fue igual a la cantidad que era el objetivo de consumo se mantuvieron los porcentajes de cada componente de esta.

### 3.6.2. En la pastura

La disponibilidad de forraje se estimó semanalmente previo al ingreso de los animales al pastoreo y posteriormente a la salida de cada franja, mediante la técnica de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975).

Para la realización del método de doble muestreo determinaron por apreciación visual una escala de cinco puntos con tres repeticiones de cada uno, considerando altura y densidad de forraje y composición botánica. Sobre los puntos marcados se hace medición de altura, número de hojas o nudos y se realiza el corte al ras del suelo del cuadrado. Las muestras obtenidas fueron secadas en estufa por 48 horas a 60°C para determinar el contenido de materia seca de las mismas. Luego se realizaba una transecta de vértice a vértice de la parcela, determinando cada 10 metros el punto de la escala a la cual pertenece, el número de hojas o nudos y altura de la pastura.

La determinación de materia seca de la parcela se obtuvo ingresando los datos de la transecta y los 15 puntos de apreciación visual a una planilla de Excel, la cual por medio de una ecuación de regresión lineal determinó el valor promedio de materia seca de la parcela.

Previo al pastoreo, utilizando la regresión antes mencionada, se determina la disponibilidad de forraje por unidad de superficie. Con dicho dato y teniendo en cuenta la asignación objetivo a cada animal y el número de animales a pastorear en la franja, fueron determinados los tamaños de franja para los pastoreos semanales.

Semanalmente, posterior a la salida de los animales de la franja, se determinaba el forraje remanente de esta mediante el método de doble muestreo.

### 3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar, donde cada tratamiento contaba con 4 repeticiones (corrales), donde la unidad experimental sobre la que se realizaron las medidas repetidas fue el corral en sí mismo. El diseño incluyó los efectos fijos de los tratamientos, semanas y la interacción semana x tratamiento. Las variables analizadas fueron producción de leche (lts), contenido de grasa (%), proteína (%) y lactosa (%), consumo de materia seca de forraje, consumo de materia seca de DTM y consumo total de materia seca para los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM. La condición corporal no fue analizada estadísticamente, sin embargo, sí se utilizó para la discusión. Los resultados obtenidos para el tratamiento ACA-DTM no fueron analizados estadísticamente, pero si utilizados para la discusión. Las medias se compararon utilizando la prueba de Tukey donde se rechazó  $H_0$  con probabilidad de error de tipo  $\alpha$  ( $\alpha=0,05$ ). Para el análisis estadístico de estas, se utilizó un modelo de medias repetidas en el tiempo con el software estadístico SAS (versión 2010).

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + f_j + (\tau f)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

$\mu$  = Media

$\tau_i$  = Efecto del tratamiento  $i = 1, 2, 3$

$f_j$  = Efecto de la fecha (semana)  $j = 1, 2, 3, \dots, j$

$(\tau f)_{ij}$  = Interacción fecha x tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error  $\varepsilon_{ij} \sim N(0; \sigma^2)$

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CLIMA

Los datos fueron tomados de la estación meteorológica localizada en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC), Facultad de Agronomía, Departamento de Paysandú.

La temperatura media registrada para los meses de junio, julio, agosto y septiembre fue de 14,7°C; 11,2°C; 11,7°C; 15,4°C, respectivamente. Según el promedio histórico para el período 1961-1990, la temperatura media para estos meses fue 11,7 °C; 11,8 °C; 12,9 °C y 14,6 °C respectivamente (INUMET, 2019). En general las temperaturas medias del período de estudio fueron similares a las históricas, a excepción del mes de junio, que estuvo por encima.

Las precipitaciones para el período de estudio fueron 202,4; 28,2; 104,4; 36,8 mm para los meses de junio, julio, agosto y septiembre respectivamente mientras que el promedio histórico fue 70, 71, 73 y 91 mm (INUMET, 2019). Debido al momento del año en el cual se realiza el experimento, es esperable un mayor impacto de las precipitaciones por exceso y no por déficit de estas. En el mes de junio las precipitaciones estuvieron por encima del promedio histórico, registrándose en dos días la acumulación de 163 mm.

En cuanto a los valores de índice de temperatura y humedad (ITH), los mismos fueron calculados para todo el período en estudio, no presentándose valores por encima de 72, tomándose este valor como límite crítico a partir del cual la performance animal se ve afectada (Johnson et al., 1961).

A nivel nacional, Cruz y Saravia (2008) caracterizaron la distribución del índice de temperatura y humedad (ITH >de 72) en todo el territorio nacional en base mensual, lo que les llevó a concluir que solo al Norte del Río Negro y solo en el mes de enero, se registran ITH mensuales superiores a 72.

## 4.2. CONSUMO

En el Cuadro 3 se presentan los efectos fijos sobre las diferentes variables.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos, semana y su interacción (tratamiento x semana) sobre consumo total, consumo de DTM y consumo de pasto para los tratamientos ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto)

Variable	Tratamiento	Efectos, p<0,05	
		Semana	Trat.*sem.
Consumo total	0.5574	0.0051	0.0179
Consumo DTM	0.0075	<.0001	<.0001
Consumo de pasto	0.2546	<.0001	<.0001

En el Cuadro 4 se presenta el consumo de materia seca para los diferentes tratamientos.

Cuadro 4. Consumo de MS (kg MS/vaca/día) promedio para los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto)

Variable	Tratamiento		
	ACA-DTM	ACA-DPM	BCA-DPM
Consumo total	26,87	20,98±0,40	20,65±0,40
Consumo DTM	26,87	16,03±0,24a	15,06±0,24b
Consumo de pasto	-	4,96±0,38	5,59±0,38

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

Se observa que el consumo total de MS del tratamiento ACA-DTM fue de 6,05 kg/día mayor que los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM.

Los tratamientos en pastoreo mostraron un consumo total de MS similar (20,98 vs. 20,65 KgMS/día ACA-DPM y BCA-DPM, respectivamente). Sin embargo, el tratamiento ACA-DPM presentó un consumo de 1,03 KgMS/día de DTM más que el tratamiento BCA-DPM. Esta diferencia se puede observar en el Cuadro 5, donde los animales de este tratamiento tuvieron una oferta de DTM mayor, con respecto al tratamiento BCA-DPM. En cuanto al consumo de forraje, no se encontraron diferencias significativas.

#### 4.2.1. Consumo de DTM

En la Figura 3 se presenta la evolución del consumo de DTM para los diferentes tratamientos.

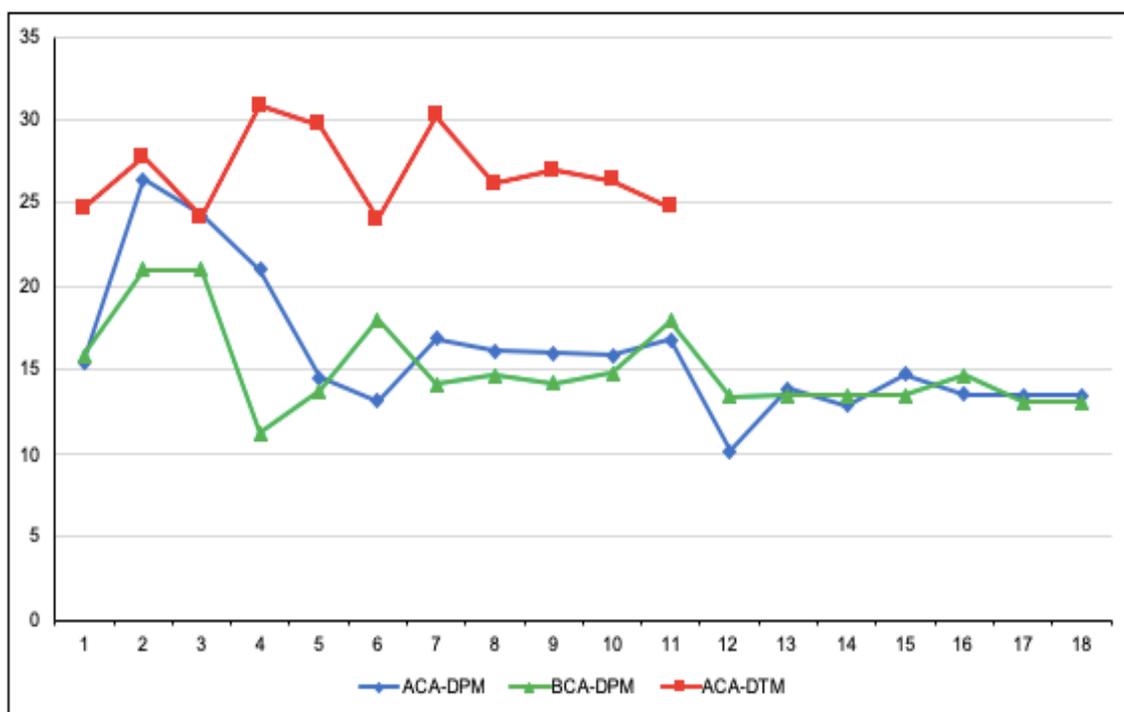


Figura 3. Consumo de DTM (kg MS/vaca/día) para los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto) en función de las semanas de estudio

Se observa en la Figura 3 que el tratamiento ACA-DTM presenta el mayor consumo de DTM promedio durante el período de estudio. En cuanto a los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM, estos presentan una evolución similar. Los mayores consumos de DTM para ambos tratamientos se registraron en las semanas 2 y 3. En dichas semanas los tratamientos permanecieron en confinamiento debido a un insuficiente stock de forraje para pastorear, siendo la DTM la única oferta de alimento.

Se registraron diferencias significativas solo en la semana 4 del experimento ( $p < .0001$ ). Cabe destacar que en dicha semana la oferta objetivo de DTM en los comederos fue superior para el tratamiento ACA-DPM. Sumado a esto, la oferta real para el tratamiento BCA-DPM fue menor a la objetivo para dicho tratamiento (error de suministro en los comederos).

#### 4.2.2. Consumo de pasto

Cuadro 5. Potrero, recurso y asignación en KgMS/animal/día para los tratamientos ACA-DPM (pastoreo+DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+DTM a cielo abierto)

Semana	Potrero	Recurso	Asignación (kgMS/a/d)	
			ACA-DPM	BCA-DPM
1	21	Verdeo	27	29
2	-	-	0	0
3	-	-	0	0
4	23	PP2	13	15
5	23	PP2	18	19
6	21	Verdeo	13	15
7	21	Verdeo	16	16
8	22	PP3	13	14
9	22	PP3	16	19
10	24	PP1	14	14
11	24	PP1	24	23
12	23	PP2	25	32
13	21	Verdeo	18	21
14	21	Verdeo	18	18
15	22	PP3	13	12
16	22	PP3	12	13
17	24	PP1	20	23
18	24	PP1	23	21
<b>Promedio</b>			15.72	16.89

En la Figura 4 se presenta la evolución durante el período de estudio del consumo de pastura para los diferentes tratamientos.

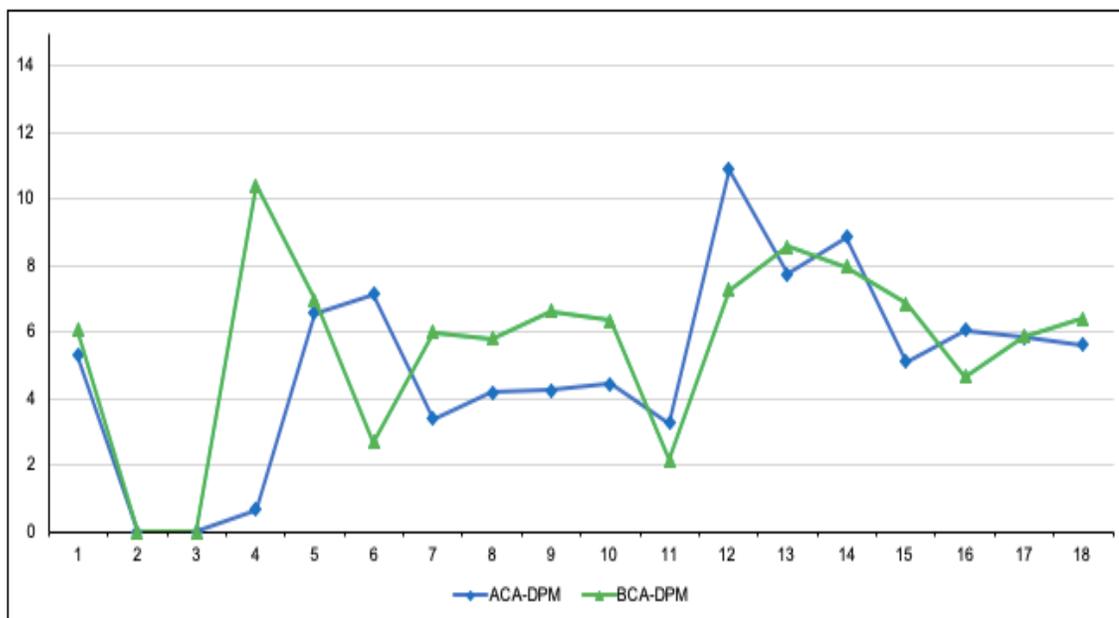


Figura 4. Consumo de pasto (kg MS/vaca/día) para los tratamientos ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto), en función de las semanas de estudio

Como se aprecia en la Figura 4, a lo largo del experimento a pesar de tener una gran variabilidad en el consumo de pastura, los tratamientos no difieren estadísticamente a excepción de la semana 4, donde se evidencia una diferencia estadística entre los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM en el consumo de pastura ( $p < .0001$ ). Esta diferencia en la semana 4 está explicada por una mayor oferta de DTM para el tratamiento ACA-DPM, que deprimió el consumo de pastura. Por el contrario, para el tratamiento BCA-DPM una disminución en la oferta de DTM generó un aumento en el consumo de pastura.

Como se mencionó anteriormente, debido al confinamiento en las semanas 2 y 3 el consumo de pasto fue de 0 kgMS/día.

Fajardo (2013), en un experimento donde combinó la inclusión de DTM y 9 horas de pastoreo a inicio de lactancia, obtuvo consumos de materia seca de forraje de 7,5 kgMS/animal/día. Estos resultados difieren con los del presente experimento (4,96 y 5,59 kgMS/animal/día ACA-DPM y BCA-DPM respectivamente). La diferencia encontrada se puede explicar por un mayor

consumo de DTM, lo que provocaría un efecto sustitución sobre el consumo de forraje. También la estimación del consumo de forraje fue realizada de forma diferente, lo que produciría diferentes errores, mientras que dicho autor utilizó el método de alcanos. La metodología para evaluar el consumo de pasto en el presente trabajo fue diferencia por balance de energía donde se asume que toda la energía consumida es para producción de leche. En un estudio similar Mendoza et al. (2016) evaluaron la combinación de 8 horas de acceso a forraje fresco cortado y suplementación con DTM obteniendo un consumo de pastura de 3,6 kgMS/animal/día. Estos valores están por debajo de los obtenidos en el presente experimento. Sin embargo, a diferencia de Fajardo (2013), Mendoza et al. (2016) obtuvieron un consumo de DTM de 19 kgMS/animal/día, lo que estaría condicionando el consumo de forraje.

Resultados similares a los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM fueron observados por Guala et al. (2013) en el tratamiento 1 pastoreo, donde registró consumos de forraje de (5,77 vs. 4,96 y 5,59 kgMS/animal/día para los tratamientos 1 pastoreo, ACA-DPM y BCA-DPM respectivamente) y consumos de DTM (14,8 vs. 16,03 y 15,06 kgMS/animal/día de DTM para los tratamientos 1 pastoreo, ACA-DPM y BCA-DPM, respectivamente).

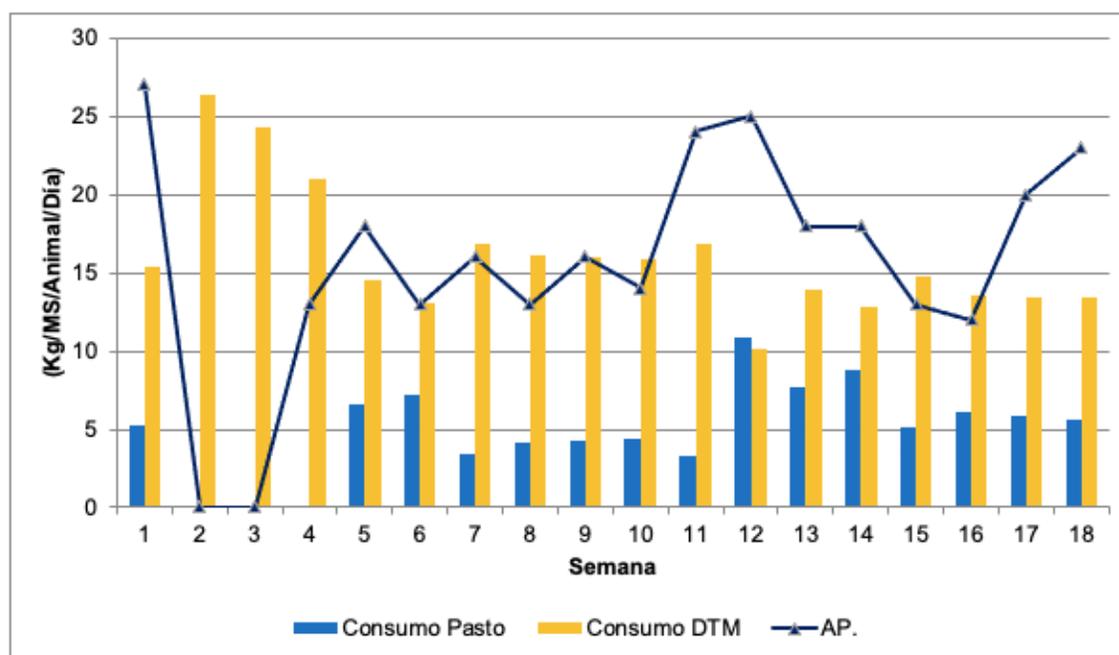


Figura 5. Consumo de pasto, DTM y asignación de pasto (kgMS/animal/día) para el tratamiento ACA-DPM

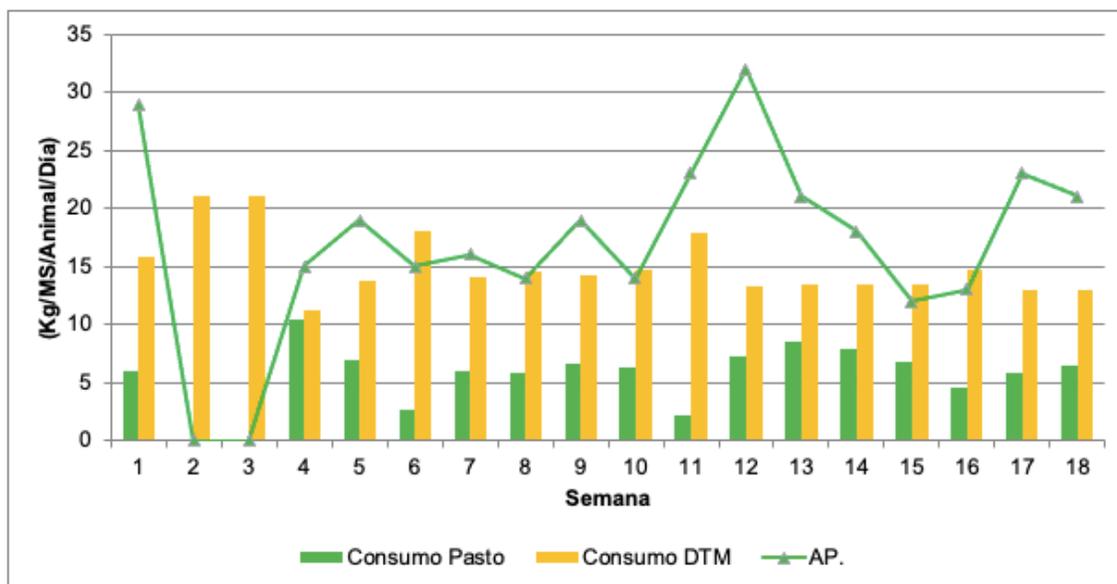


Figura 6. Consumo de pasto, DTM y asignación de pasto (kgMS/animal/día) para el tratamiento BCA-DPM

Al comparar el consumo de pasto con la asignación de pasto (Figuras 5 y 6), se puede concluir que aumentar la asignación de pasto a lo largo del experimento no reflejó un aumento en el consumo de éste. Esto se debe a que los animales en condiciones de pastoreo, al ser suplementados, priorizan el consumo de DTM en desmedro del consumo de pastura, lo cual es conocido como tasa de sustitución (Kellaway y Porta, citados por Álvarez et al., 2007). Esto se debe a que los aumentos de consumo de pastura se observan en las semanas en que la oferta de DTM disminuye. A pesar de esto a partir de la semana 11 se observó una evolución parecida de la asignación de pasto y el consumo de pasto, reafirmando que el consumo está regulado por múltiples factores (Mbanya et al., citados por Chilbroste, 1998).

#### 4.2.3. Consumo total

En la Figura 5 se presenta el consumo total durante el período de estudio para los diferentes tratamientos.

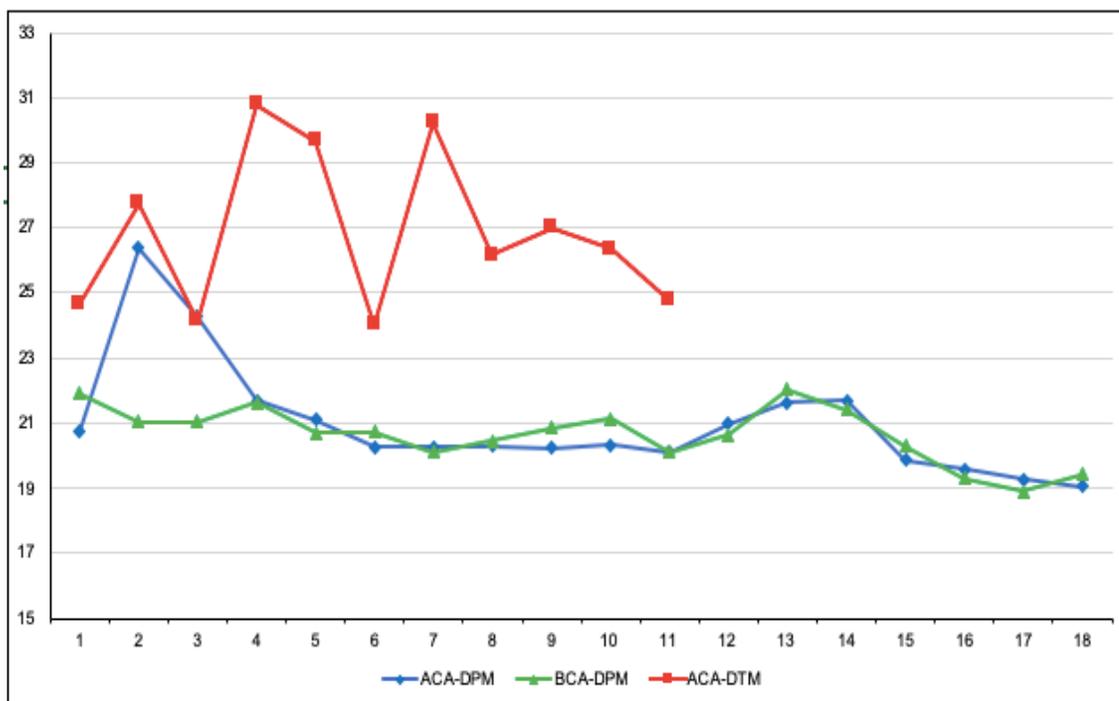


Figura 7. Consumo total de MS (kg MS/vaca/día) para los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto), en función de las semanas de estudio

Para los tratamientos con inclusión de pastura, en la dieta se obtuvo una diferencia estadística en el consumo total en la semana 2 ( $p=0.0486$ ). En el resto del experimento no se obtuvieron diferencias significativas en el consumo total de MS. Sin embargo, como se observa en el Figura 3 y en la Figura 4, a partir de la semana 12 se intenta aumentar el consumo directo de pastura debido a las mayores tasas de crecimiento y aumento de la superficie de pastoreo. En consecuencia, se disminuye la oferta de DTM, para evitar el efecto de sustitución.

En cuanto al consumo de materia seca para el tratamiento ACA-DTM, los resultados concuerdan con los obtenidos por Fajardo (2013), Guala et al. (2013, 26,87 vs. 26,1 y 25,3 kgMS/animal/día, respectivamente). También se encontraron valores similares de consumos a los obtenidos por Pomiés (2014), Pastorini et al. (2015), Mendoza et al. (2016), los cuales trabajaron con sistemas de alimentación DTM *ad libitum* (26,87 vs. 24,5 y 24,8 kgMS/animal/día respectivamente).

### 4.3. PRODUCCIÓN DE LECHE Y COMPOSICIÓN

En el Cuadro 6 se resumen los efectos fijos sobre las diferentes variables para los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM, que fueron analizados estadísticamente.

Cuadro 6. Efectos de los tratamientos, semana y su interacción (tratamiento x semana) sobre producción de leche, grasa, proteína y lactosa para los tratamientos ACA-DPM (pastoreo+DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+DTM a cielo abierto)

Efectos <sub>1</sub> , p<0,05			
Variable	Tratamiento	Semana	Trat.*Sem.
Producción de leche	0.9094	<.0001	0.0360
Grasa	0.7353	<.0001	0.9498
Proteína	0.4383	0.0090	0.3766
Lactosa	0.1591	<.0001	0.1739

No existió efecto del tratamiento para las diferentes variables de producción y composición entre los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM. Sí se registró efecto de la semana para todas y solo en producción de leche existió efecto de la interacción tratamiento x semana.

#### 4.3.1. Producción de leche

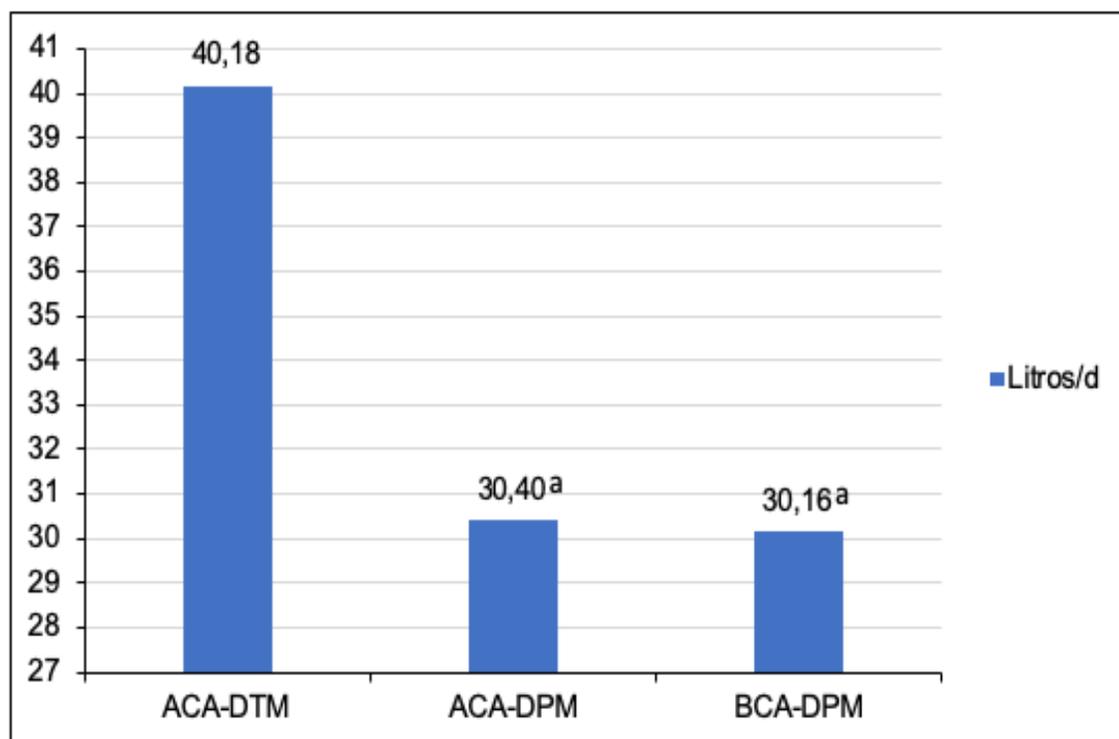


Figura 8. Producción de leche (lt/día) para los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto).

El tratamiento ACA-DTM (no analizado estadísticamente) presentó una mayor producción de leche diaria que los tratamientos con pastoreo. En este experimento fue de 32,7 %. Estos resultados concuerdan con la bibliografía consultada, ya que Fajardo (2013), Guala et al. (2013), en experimentos que comparan DTM con pastoreo, reportan mayores producciones en animales confinados.

La mayor producción de leche del tratamiento bajo encierro puede estar explicada por diferentes factores. En primer lugar, este tratamiento presentó un mayor consumo de materia seca (26,87 vs. 20,98 y 20,65 KgMS/animal/día ACA-DTM, ACA-DPM y BCA-DPM, respectivamente), sumado a un mayor contenido de energía de la dieta y un menor gasto energético derivado de la caminata y cosecha de forraje. Estos datos concuerdan con los reportados por Kolver y Müller (1998), Bargo et al. (2002a), quienes afirman que la producción de leche de animales en pastoreo se ve limitada por la ingesta de energía y las

diferencias de energía para mantenimiento por la actividad de caminata y pastorear.

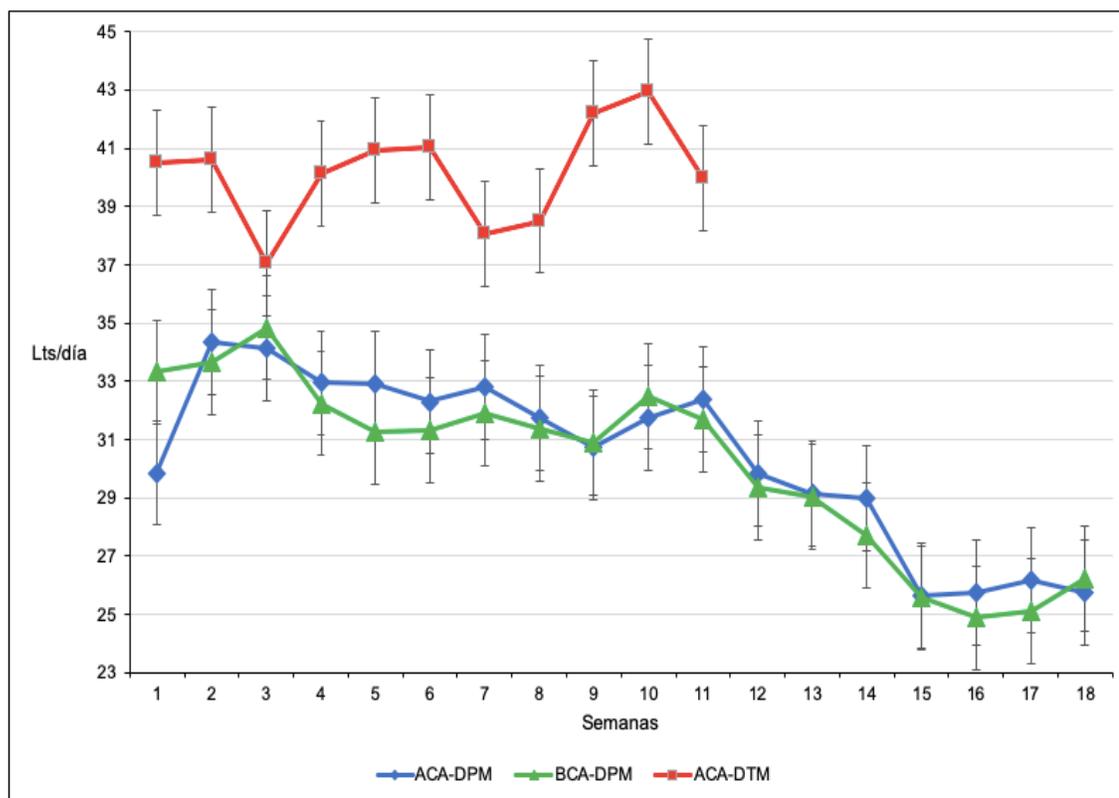


Figura 9. Producción de leche (lt/vaca/día), a partir del día 78 en leche promedio para los para los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto)

En la Figura 9 se puede ver cómo la producción de leche sigue la misma tendencia en los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM. Se observó que a medida que avanzó la lactancia existió un efecto semana ( $p < .0001$ ), obteniéndose una disminución para dicha variable. Se partió de  $31.59 \pm 1.27$  lt/d en promedio, hasta llegar a  $25.99 \pm 1.27$  lt/d, sin presentar diferencias significativas entre estos ( $p > 0,05$ ) durante todo el período de estudio. Según la bibliografía revisada era esperable esta disminución en la producción a lo largo del experimento, ya que el nivel máximo de producción se da alrededor de la semana cinco o seis después del parto, continuando con una gradual declinación hasta la terminación de la lactancia (Wood, citado por García y Holmes, 1999). Sumado a esto, a mediados del experimento se produjo un

cambio en la dieta, basado en un mayor aprovechamiento de la pastura y menor oferta de DTM, provocando una disminución en la ingesta de energía.

La máxima producción para los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM se dio en las semanas 2 (34,3 vs. 33,6 lts/día) y 3 (34,1 vs. 34,8 lts/día). Se debe tener en cuenta que en la semana 2 y 3, los animales permanecieron bajo encierro con suministro de DTM en los dos turnos en sus ambientes correspondientes. El consumo total en estas semanas fue mayor al de la semana previa e incluso el tratamiento ACA-DPM igualó al tratamiento con ACA-DTM en la semana 3, donde se dieron las menores diferencias productivas. El mayor consumo de MS y menor gasto energético en las semanas 2 y 3 explican este aumento en la producción para los tratamientos con DPM. Esto coincide con lo reportado por Kolver y Müller (1998), Bargo et al. (2002a).

En la semana posterior al encierro estratégico se da una disminución de la producción en los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM. Esto coincide con los resultados de Bargo et al. (2002a), que encontraron una disminución del 15 % la producción durante dos semanas de acostumbramiento, cuando incorporaban gradualmente pastura a una DTM. En dicho experimento, los tratamientos con pDTM pastoreaban durante el día y eran suplementados con DTM en un free-stall durante la noche mientras que el tratamiento DTM permanecían en un free-stall. En este experimento se da una reducción de 6 % en las dos semanas posteriores al encierro. Según los autores, la cantidad en la reducción de la producción depende de la etapa de lactancia de las vacas, la época del año y la calidad del pasto. Dentro de las razones, destacan el cambio en el ambiente del rumen, que impacta en la población microbiana y los requisitos de mantenimiento, debido a la actividad de caminar y pastorear.

En la Figura 9 se observa cómo a partir de la semana 11 se genera un marcado descenso en la producción, comparado con las semanas anteriores. Esto se debe al cambio en la estrategia de alimentación, donde se buscó aumentar el consumo de pastura y disminuir el consumo de DTM. La sustitución de un alimento como la DTM por la pastura concuerda con lo expresado por Kolver y Müller (1998), donde vacas de alta producción no logran expresar su potencial productivo bajo pastoreo, debido a la menor ingesta de energía, ya que se observa en la Figura 7 que el consumo total de materia seca no se vio disminuido.

De la Quintana et al. (2012), Mendoza et al. (2016) reportan que no hay diferencias en producción de leche entre animales que consumen una DTM y aquellos con DTM y que acceden a 4 horas de forraje fresco. Sin embargo, extender el tiempo de acceso al forraje fresco hasta 8 horas determina una

caída en cuanto al consumo de materia seca (25,6 vs. 22,6 kgMS/día para 4 y 8 horas de pastura) y producción de leche (34,9 vs. 32,7 kg/día para 4 y 8 horas respectivamente). En el presente trabajo los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM tienen un acceso a pastoreo similar al tratamiento de 8 horas, siendo los resultados menores a los obtenidos por los autores antes mencionados (30,4 y 30,16 vs. 32,7 kg/día para ACA-DPM, BCA-DPM y DTM + 8 horas respectivamente). Cabe destacar que en el presente trabajo los animales accedían a una pastura y no a forraje fresco cortado suministrado en comederos como en el de los autores antes mencionados, lo que puede explicar el menor consumo.

En el experimento realizado por Fajardo (2013), los resultados productivos para el tratamiento bajo encierro son menores a los obtenidos en el presente trabajo (35,3 l/día vs. 40,18 l/día, respectivamente). Cabe destacar que este autor trabajó con inicio de lactancia, mientras que en el presente trabajo se realizó sobre lactancia media. A esto se le suma la diferencia en los encierros, los cuales fueron sobre cama caliente, mientras que en el experimento de Fajardo (2013) eran al aire libre. Esto puede estar explicando la diferencia productiva.

#### 4.3.2. Composición de la leche

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de composición para los diferentes tratamientos.

Cuadro 7. Grasa, proteína y lactosa de los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto)

VARIABLE	Tratamientos		
	ACA-DTM	ACA-DPM	BCA-DPM
Grasa %	3,07	3,16±0,07	3,13±0,07
Proteína %	3,46	3,41±0,05	3,47±0,05
Lactosa %	4,99	4,82±0,04	4,92±0,04

Letras diferentes en la misma fila muestran diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ )

Se observa en el Cuadro 7 cómo la producción de grasa, proteína y lactosa expresada como porcentaje no presentó diferencias significativas entre

los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM, mientras que el tratamiento ACA-DTM presentó valores similares en cuanto a las variables % proteína, % lactosa y % de grasa. Los bajos valores de concentración de grasa en leche provocan una inversión en la relación grasa/proteína. Según Gallardo (2006), es típico en sistemas de alimentación con utilización de DTM en vacas de alto nivel de producción que reciben dietas con una relación forraje-concentrado baja (<50:50).

Los resultados obtenidos en este trabajo presentan valores similares en cuanto a los porcentajes de proteína y lactosa que los reportados por Fajardo (2013), Guala et al. (2013), Mendoza et al. (2016). En cambio, los valores de grasa en la leche obtenidos son menores a los reportados por los autores antes mencionados.

En cuanto a los bajos valores de grasa en leche de los tratamientos, Fajardo (2013) quien evaluando el uso de DTM y diferentes horas de acceso a pastura (6 y 9 horas) encontró diferencias significativas en el porcentaje de grasa de la leche, concluyendo que el tratamiento bajo encierro presenta menor valor. Fajardo (2013) atribuye el menor contenido de grasa en la leche del tratamiento bajo encierro al menor contenido de fibra en la dieta para este tratamiento y a 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. En el presente trabajo los valores son menores a los reportados por el autor antes mencionado. Analizando los valores de FDN, estos están por encima de lo recomendado por Acosta (2001), siendo 32,8 %, 35,4 % y 35,8 % para los tratamientos ACA-DTM, ACA-DPM y BCA-DPM respectivamente. La explicación para esto puede deberse al tamaño de partícula de los materiales que aportan la fibra, no logrando que estos estimulen la rumia y salivación, provocando una reducción en el contenido graso de la leche.

Resultados similares fueron reportados por Guala et al. (2013), evaluando una DTM contra 1 o 2 pastoreos diarios. El tratamiento bajo encierro presentó menores valores de porcentaje de grasa en la leche que los que incluyen pastoreo en la dieta, encontrando los autores un efecto dilución de la grasa en leche, producto de una mayor producción del tratamiento confinado.

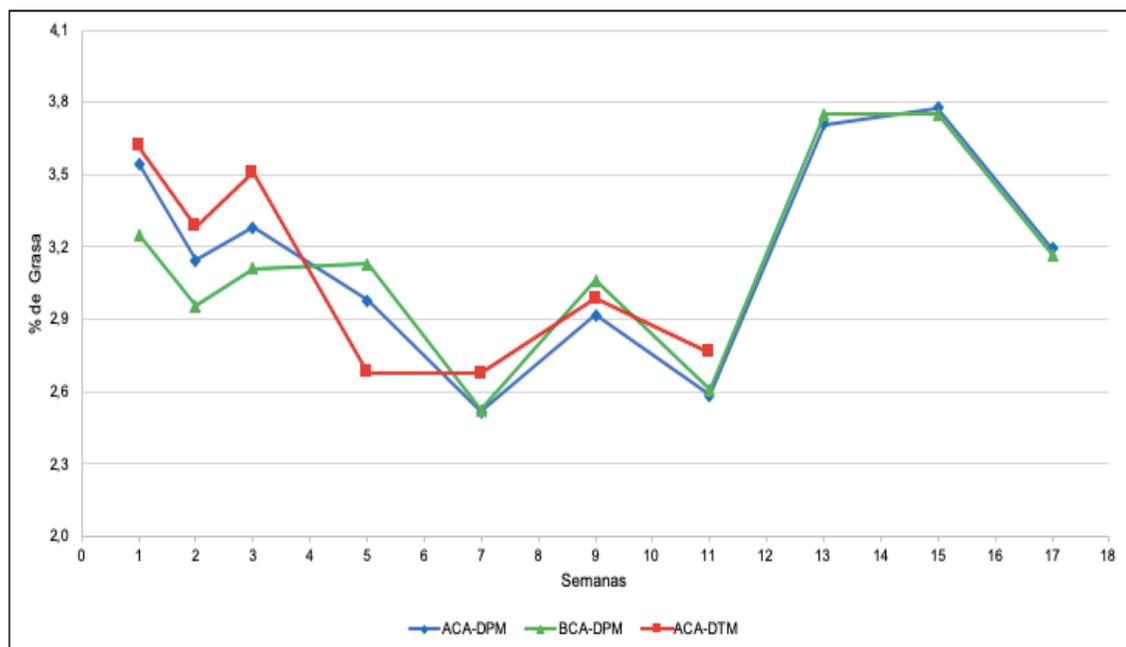


Figura 10. Evolución de la grasa en leche (%) de los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto)

En cuanto a la evolución de la grasa en la leche en términos porcentuales, no se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos, pero sí existió un efecto semana para dicha variable ( $p < .0001$ ).

Se puede observar en la semana 11 un cambio en la tendencia en la concentración de grasa, aumentando para los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM, a los cuales a partir de esa semana se le incluye en la dieta una mayor proporción de forraje. La mayor cantidad de forraje en la dieta implica una mayor cantidad de fibra en la dieta, aumentando el porcentaje de grasa de la leche. Estos resultados concuerdan con los presentados por Sutton et al. (1998), quienes reportan que aumenta la cantidad de grasa en la leche por efecto de la relación acetato-butirato/propionato, favorecida por el consumo de pasto.

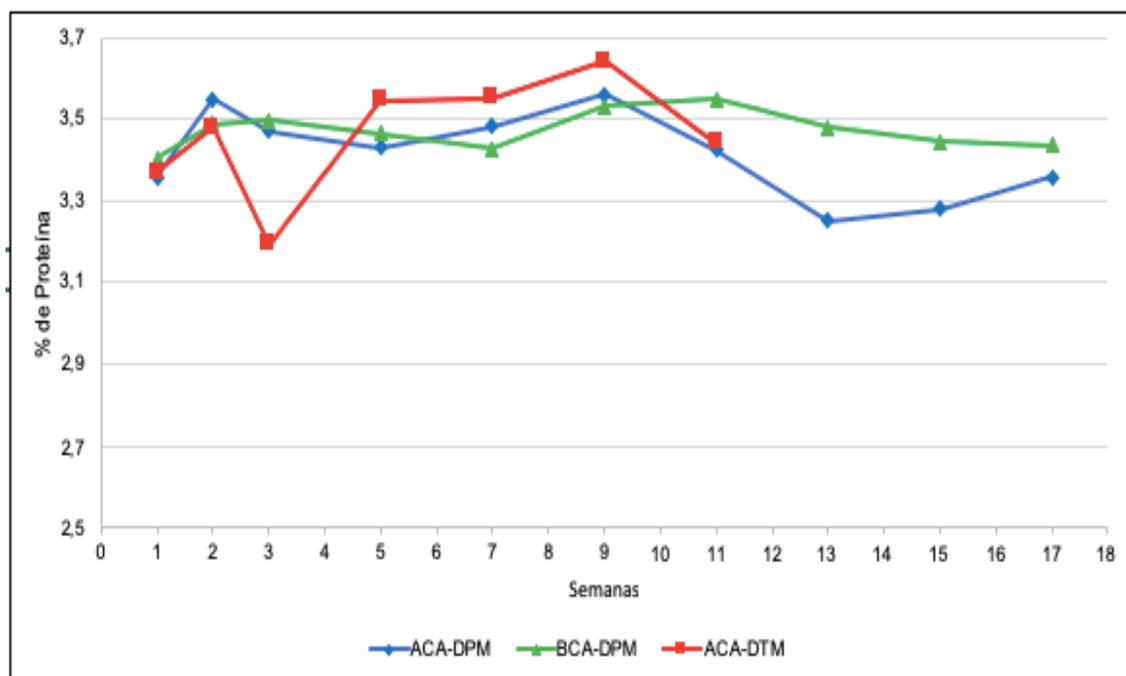


Figura 11. Evolución de la proteína en leche (%) de los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto)

No hubo diferencias significativas entre tratamientos en el porcentaje de proteína en leche, sí existiendo un efecto semana para la variable ( $p=0.0090$ ).

Los valores obtenidos concuerdan con los reportados por De la Quintana et al. (2012), Fajardo (2013), Pomiés (2014), Pastorini et al. (2015), Mendoza et al. (2016), donde no encontraron diferencias porcentuales en proteína en leche, comparando dietas con DTM y DTM + pastura.

Durante la semana 2 y 3, todos los tratamientos recibieron como único alimento DTM en los dos turnos. Esto provoca un aumento en el porcentaje de proteína en leche para los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM, debido a una mayor ingesta de energía. Un marcado descenso en dicha variable se da en la semana 3 para el tratamiento ACA-DTM, estando explicado por una menor oferta de DTM para dicho tratamiento que disminuyó la ingesta de energía.

Para el presente trabajo los valores obtenidos de porcentaje de proteína en leche para los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM son superiores a los que reportan Mendoza et al. (2016), para el tratamiento DTM + 8 horas acceso a

forraje el cual fue 3,25 %, con la similitud que no encontraron diferencias con los restantes tratamientos (DTM y DTM + 4 horas de acceso a pastura).

Según Walker et al. (2004), el valor energético de la dieta es el principal factor limitante del contenido de proteína en la leche. Comparando el trabajo realizado por Fajardo (2013) y el presente se puede ver que los consumos de energía de los tratamientos bajo encierro son mayores (43,7 Mcal/d en Fajardo (2013) y 42,4 Mcal/d en este trabajo) que los tratamientos que presentan pastoreo (33,6 y 33,7 Mcal/d para los tratamientos P6 y P9, mientras que en este trabajo la energía consumida por los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM fue de 32,6 y 31,9 Mcal/d respectivamente). Este mayor consumo de energía en el tratamiento ACA-DTM permite lograr altas concentraciones de proteína y mantenerlas, a pesar de la mayor producción, no diferenciándose significativamente de los tratamientos con DPM. El consumo de dietas más concentradas provoca cambios en la fermentación a nivel ruminal aumentando la producción de precursores neoglucogénicos (ácido propiónico). Esto resulta en una mayor cantidad de aminoácidos disponibles para la síntesis de proteína láctea (Rearte, 1992). Aumentos en el suministro de energía favorecen a su vez la síntesis de proteína microbiana a nivel ruminal y el suministro de aminoácidos en la glándula mamaria (Astigarraga, 2003).

En la Figura 12 se presenta la evolución de la concentración de lactosa en leche para los diferentes tratamientos.

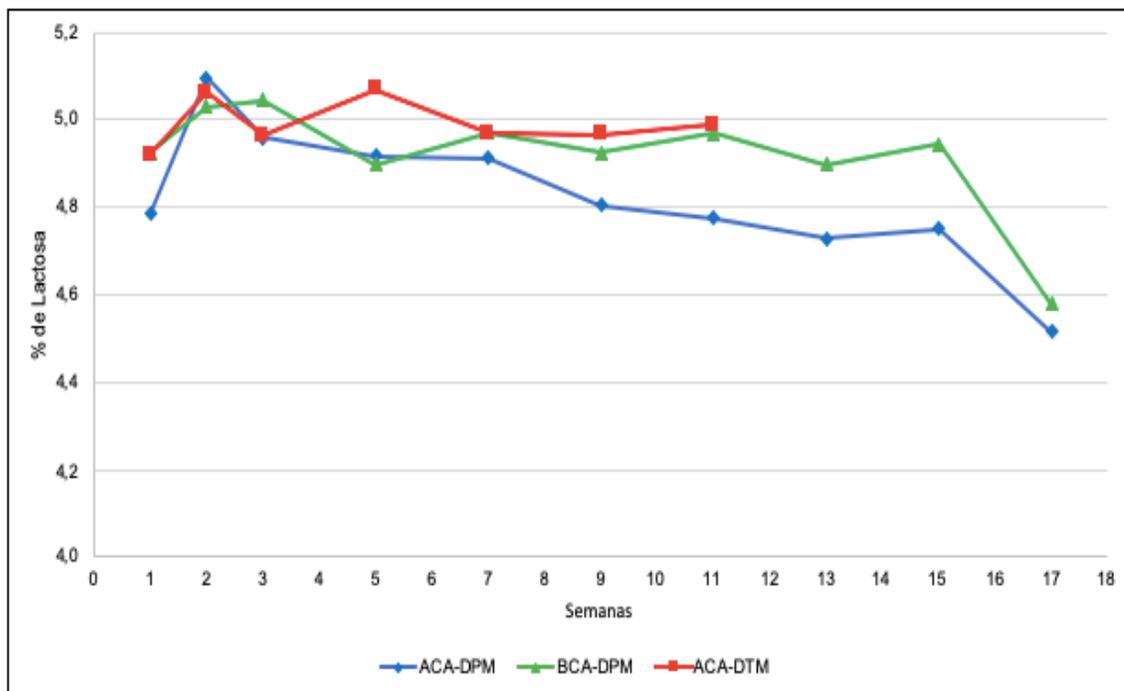


Figura 12. Evolución de la lactosa en leche (%) de los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto)

Como se observa en el Cuadro 8 no existieron diferencias significativas en cuanto al contenido de lactosa expresado como porcentaje entre los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM. Sin embargo, sí se observó un efecto semana ( $p < .0001$ ) para dicha variable. Sutton (1989) establece que la lactosa es el componente más estable a los cambios de dieta, esto concuerda con los resultados obtenidos, ya que no se encontraron diferencias porcentuales entre los tres tratamientos durante el período de estudio.

La mayor producción de leche del tratamiento ACA-DTM puede explicar la tendencia de este tratamiento a un mayor contenido de lactosa. Pendini (2008) resume que la lactosa tiene acción osmo-reguladora. Por lo tanto, desempeña un rol importante en el volumen de leche producido. En la Figura 12 se logra ver cómo la concentración de lactosa sigue una tendencia parecida a la producción de leche (Figura 7), reafirmando los conceptos reportados por el autor antes mencionado.

En el presente experimento se observaron valores similares a los publicados por Fajardo (2013), Pomiés (2014), Pastorini et al. (2015), Mendoza et al. (2016), en los cuales el rango obtenido estuvo entre 4,74 % y 5 %.

#### 4.4. CONDICIÓN CORPORAL

En la Figura 13 se presenta la evolución de la condición corporal de los diferentes tratamientos durante el período de estudio.

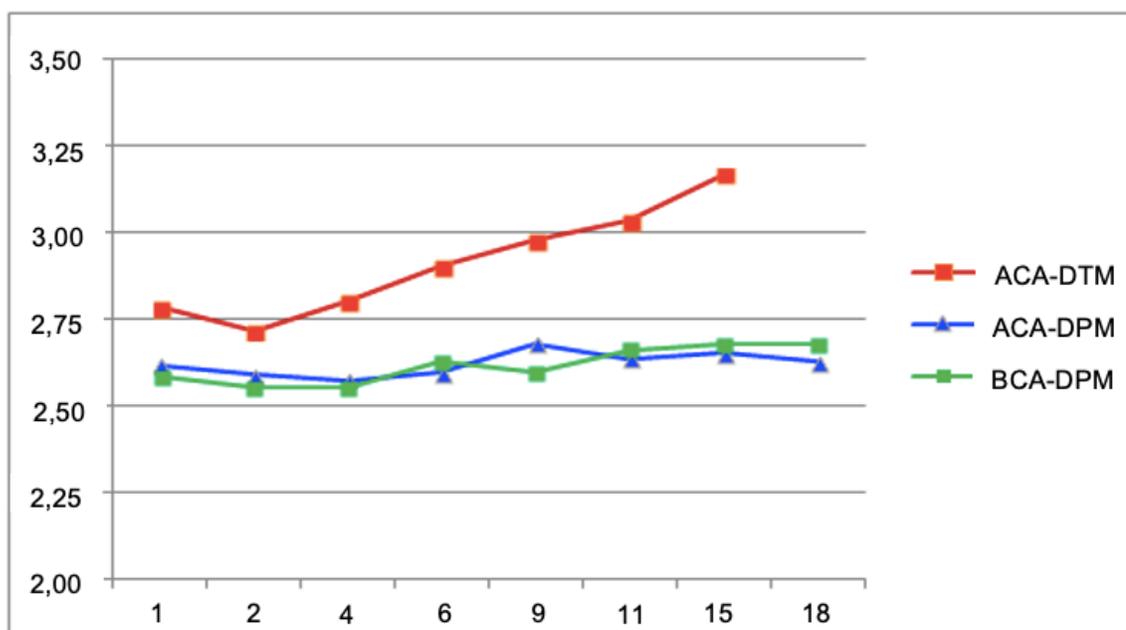


Figura 13. Evolución de la condición corporal de los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo + DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto)

La condición corporal no fue analizada estadísticamente, pero se puede observar en el gráfico cómo el tratamiento en ACA-DTM presenta una mayor CC con respecto a los tratamientos con inclusión de pastura. Esta diferencia es más notoria al final del experimento, mientras que no se observan grandes diferencias y una similar tendencia entre los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM.

Cuadro 8. Condición corporal inicial, promedio y final para los tratamientos ACA-DTM (100 % DTM), ACA-DPM (pastoreo+ DTM en establo) y BCA-DPM (pastoreo+ DTM a cielo abierto)

	ACA-DTM	ACA-DPM	BCA-DPM
CC inicial	2,78	2,62	2,58
CC promedio	2,91	2,62	2,61
CC final	3,17	2,63	2,68
Dif. CC	0,38	0,01	0,09

Los datos obtenidos en cuanto a la evolución de la CC concuerdan con lo obtenido por Bargo et al. (2002b), donde las vacas alimentadas únicamente con DTM logran ganar CC (+0.38). Entre tanto, las vacas que combinan pastoreo con la utilización de DTM logran mantener CC (0.01 y 0.09 para ACA-DPM y BCA-DPM respectivamente).

Similares resultados fueron obtenidos por Soriano et al. (2001), quien encontró que el cambio en condición corporal fue mayor ( $P \leq 0.05$ ) en vacas alimentadas únicamente con DTM en comparación con vacas que combinaban el acceso a pastura AM o PM y eran suplementadas con DTM (0.14 vs. -0.06 y 0.01 para DTM, PPM y PAM respectivamente).

En la misma línea, Fajardo (2013) no encontró diferencias significativas para la variable CC entre animales que consumían únicamente DTM vs. animales que combinaban el acceso a 6 horas de pastura y la suplementación con DTM. Sin embargo, el aumento a 9 horas de acceso a pasturas y la suplementación con DTM produjo una significativa disminución en la CC.

Los autores expresan que el mayor consumo de energía y el menor costo energético, debido a que no realizan caminata y pastoreo del tratamiento para los tratamientos alimentados únicamente con DTM, resultan en una recuperación más rápida y más acentuada en cuanto a condición corporal.

## 5. CONCLUSIONES

Para las condiciones en que fue llevado a cabo el experimento se puede concluir que animales en encierro alimentados únicamente con DTM presentan mayor consumo de materia seca que animales que combinan DTM y pastoreo.

El tratamiento ACA-DTM presentó mayor producción de leche diaria que los tratamientos alimentados con DPM. Esta mayor producción está dada por un mayor consumo de materia seca,

No se evidenciaron diferencias en cuanto al contenido de grasa, proteína y lactosa en leche para las diferentes estrategias de alimentación.

Para los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM, no se evidenciaron diferencias en las variables medidas, permitiendo concluir que no hubo efecto del control ambiental durante el experimento para estas.

## 6. RESUMEN

El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto del control del ambiente y la alimentación sobre el consumo (kgMS/d), producción de leche (lts/d) y composición (% grasa, % proteína, % lactosa) de vacas lecheras Holando (n=48) de parición otoñal sobre la lactancia media, expuestas a estrategias de alimentación diferentes. El trabajo de campo se llevó a cabo en UdelaR. Facultad de Agronomía. EEMAC (Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"), ubicada en el km 363 de la ruta nacional No. 3 en el departamento de Paysandú. Se utilizó un diseño completamente al azar, donde cada tratamiento contaba con 4 repeticiones (corrales), donde la unidad experimental sobre la que se realizaron las medidas repetidas fue el corral. Los tratamientos fueron ACA-DTM (100 % dieta total mezclada -DTM- con encierro en establo), ACA-DPM (pastoreo y DTM con encierro en establo) y BCA-DPM (pastoreo y DTM con encierro a cielo abierto). Solo fueron evaluados estadísticamente los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM. Los corrales en encierro en establo contaban con agua *ad libitum*, cama caliente, ventilación y aspersion, mientras que los corrales en encierro a cielo abierto eran sobre piso de tierra, sombra y agua *ad libitum*. Las pasturas ofrecidas a los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM fueron pradera de festuca pura de 2º. año, festuca-lotus de 3º. año, alfalfa-dactylis de 1er. año y avena-raigrás. Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día (05:00 y 15:00), las vacas del tratamiento ACA-DTM permanecieron en el establo con suministro de DTM luego de cada ordeño, mientras que las vacas de los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM pastoreaban en parcelas semanales, luego del ordeño de la mañana, y permanecían encerradas luego del ordeño vespertino con suministro de DTM. Las vacas pertenecientes al tratamiento ACA-DTM presentaron diferencias numéricas en el consumo de materia seca, comparadas con ACA-DPM y BCA-DPM (26,87 vs. 20,98 y 20,65 kgMS/d). Los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM no se diferenciaron estadísticamente. El tratamiento ACA-DTM presentó mayor producción de leche que los tratamientos ACA-DPM y BCA-DPM, los cuales no se diferenciaron estadísticamente entre sí (40,18 vs. 30,40 y 30,16 lts/d). No se observaron diferencias entre los tratamientos para los diferentes componentes de la leche (% grasa, % proteína y % lactosa). No hubo efecto del control ambiental durante el experimento, adjudicando las diferencias entre tratamientos a los distintos sistemas de alimentación utilizados.

Palabras clave: DTM; DPM; Consumo; Producción de leche; Grasa; Proteína; Lactosa.

## 7. SUMMARY

The objective of this experiment was to evaluate the effect of environmental and or feeding control on dry matter intake (kg / d), milk production (L / d) and composition (% fat, % protein, % lactose) of autumn calving Holstein dairy cows (n = 48) over mid-lactation. The field work was carried out at UdelaR. Faculty of Agronomy. EEMAC ("Dr Mario A. Cassinioni" Experimental Station), located at km 363 of National rout No. 3 in Paysandú. A completely randomized design was used, where each treatment had 4 repetitions (pens) where the experimental unit on which the repeated measurements were carried out was the pen itself. Treatments were ACA-DTM (fed 100 % total mixed ration -TMR- and housed in a compost barn), ACA-DPM (combination of grazing + TMR and housed in a compost barn) and BCA-DPM (combination of grazing + TMR and housed in open lot). Only the ACA-DPM and BCA-DPM treatments were statistically evaluated. Compost barn consisted in pens with water *ad-libitum*, compost bed, ventilation and sprinkling, while the open-sky lot was on a dirt floor, limited shade and water *ad-libitum*. The pastures offered to the ACA-DPM and BCA-DPM treatments were 2nd. year pure fescue grassland, 3rd. year fescue-lotus, 1st. year alfalfa-dactylis and oats-ryegrass. The cows were milked twice a day (05:00 and 15:00). The cows of ACA-DTM treatment remained in the barn with TMR supply after each milking while ACA-DPM and BCA-DPM cows grazed in weekly plots after the morning milking and remained confined after the evening milking with a supply of TMR. The ACA-DTM cows presented higher dry matter intake compared to ACA-DPM and BCA-DPM cows (26.87 vs. 20.98 and 20.65 kgDM / d), without statistical differences between ACA-DPM and BCA-DPM treatments. The ACA-DTM treatment presented higher milk production than the ACA-DPM and BCA-DPM treatments, which did not differ statistically from each other (40.18 vs. 30.40 and 30.16 liters / d). No differences were observed between the treatments for the different components of milk (fat, protein and lactose content). There was no effect of environmental control during the experiment, assigning the differences between treatments to the different feeding systems used.

Keywords: DTM; DPM; Consumption; Milk production; Fat; Protein; Lactose.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, Y. M. 2001. Alimentación y sólidos en leche. (en línea). Montevideo, INIA. 6 p. Consultado 4 set. 2020. Disponible en <http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/pol/2002/informe-1.pdf>
2. Adrien, M. 2007. Reproducción y estado corporal en vacas lecheras en condiciones de pastoreo. *Cangüé*. no. 29:87-90.
3. Allden, W. G.; Whittaker, I. A. McD. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: Interrelationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal of Agricultural Science*. 21:755-766.
4. Álvarez, H. J.; Dichio, L.; Larripa, M. 2007. Suplementación energética en vacas con distintos niveles de producción de leche y asignación de pastura. *Revista Argentina de Producción Animal*. 27(3):151-157.
5. Astigarraga, L. 2003. El manejo de la alimentación como herramienta para modificar la composición química de la leche. *In*: Cabrera, M. C.; Astigarraga, L.; Saadoun, A. eds. *Calidad de alimentos y calidad de productos de origen animal*. Montevideo, Universidad de la República. pp. 135-150.
6. Bachman, K. C. 1992. Managing milk composition. *In*: Van Horn, H. H.; Wilcox, C. J. eds. *Large dairy herd management*. Champaign, Illinois, ADSA. pp. 336-346.
7. Barberg, A. E.; Endres, M. I.; Janni, K. A. 2007. Compost dairy barns in Minnesota: A descriptive study. *Applied Engineering Agriculture* 23(2):231-238.
8. Bargo, F.; Müller, L. D.; Delahoy, J. E.; Cassidy, T. W. 2002a. Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*. 85:2948-2963.
9. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Varga, G. A.; Delahoy, J. E.; Cassidy, T. W. 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):2964-2973.

10. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Kolver, E. S.; Delahoy, J. E. 2003. Invited Review: production and digestion of supplemented dairy cows on pastura. *Journal of Dairy Science*. 86:1-42.
11. \_\_\_\_\_.; Grigera, J. 2005. Evaluación del estado corporal en vacas lecheras. (en línea). Rafaela, INTA. 9 p. Consultado jun. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria\\_condicion\\_corporal/09-cc\\_lecheras.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/09-cc_lecheras.pdf)
12. Berman, A.; Folman, Y.; Kaim, M.; Mamen, M.; Herz, Z.; Wolfenson, D.; Arieli, A.; Graber, Y. 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high yielding dairy cows in a subtropical climate. *Journal of Dairy Science*. 68:1488-1495.
13. Butler, R. 2006. Relationship of negative energy balance with fertility. *Advances in Dairy Technology*. 17:35-46.
14. Cajarville, C.; Mendoza, A.; Santana, A.; Repetto, J. L. 2012. En tiempos de intensificación productiva... ¿cuánto avanzamos en el conocimiento de los nuevos sistemas de alimentación de la vaca lechera? *Veterinaria*. 48(1):35-39.
15. Calsamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. *In*: Curso de Especialización FEDNA (13º., 1997, Madrid). Avances en nutrición y alimentación animal. Madrid, FEDNA. pp. 3-19.
16. Charlton, G. L.; Rutter, S. M.; East M.; Sinclair, L. A. 2011. Effects of providing total mixed rations indoors and on pasture on the behavior of lactating dairy cattle and their preference to be indoors or on pasture. *Journal of Dairy Science*. 94:3875-3884.
17. Chilibroste, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero; I. Predicción del consumo. *In*: Jornadas Uruguayas de Buiatría (26<sup>as.</sup>, 1998, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Paysandú, CMVP. pp. 1-7.
18. \_\_\_\_\_. 2002. Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes. *In*: Jornadas Uruguayas de Buiatría (30<sup>as.</sup>, 2002, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Paysandú, CMVP. s.p.
19. \_\_\_\_\_.; Gibb, M.; Tamminga, S. 2005. Pasture characteristics and animal performance. *In*: Dijkstra, J.; Forbes, J.; France, J. eds.

Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism.  
Wallingford, UK, CABI. pp. 681-706.

20. \_\_\_\_\_.; Soca, P.; Mattiauda, D. 2011. Balance entre oferta y demanda de nutrientes en sistemas pastoriles de producción de leche: potencial de intervención al inicio de la lactancia. *In*: Congreso Latinoamericano de Buiatría (15.º), Jornadas Uruguayas de Buiatría (39<sup>as.</sup>, 2011, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, CMVP. pp. 91-96.
21. \_\_\_\_\_. 2012. Estrategias de alimentación en sistemas de producción de leche de base pastoril. *Cangüé*. no. 32:2-8.
22. \_\_\_\_\_.; Battezzore, G. 2014. Proyecto producción competitiva. Montevideo, CONAPROLE. 31 p.
23. \_\_\_\_\_.; Gibb, M. J.; Soca P.; Mattiauda, D. A. 2015. Behavioural adaptation of grazing dairy cows to changes in feeding management: do they follow a predictable pattern? *Animal Production Science*. 55:328-338.
24. \_\_\_\_\_.; Battezzore, G. 2019. Proyecto producción competitiva. Montevideo, CONAPROLE. 31 p.
25. Cruz, G.; Saravia, C. 2008. Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*. 12 (1):56-60.
26. \_\_\_\_\_. 2009. Biometeorología del calor sobre la producción de leche de vacas Holstein en Uruguay. Tesis Magíster en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 84 p.
27. Damasceno, F. A. 2012. Compost bedded pack barns system and computational simulation of airflow through naturally ventilated reduced model. Thesis in Doctor Sciences. Viçosa, Brazil. Universidade Federal de Viçosa. 404 p.
28. De la Quintana, E.; Garmendia, M. E.; Mutuberra, E. 2012. Variación en la producción y composición de la leche en vacas en confinamiento con inclusión de pasturas. Tesis Dr. en Ciencias Veterinarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 32 p.
29. Dillon, P. 2006. Achieving high dry-matter intake from pasture with grazing dairy cows. *In*: Elgersma, A.; Tamminga, S. eds. *Fresh herbage for dairy cattle*. Dordrecht, Springer. pp. 1-26.

30. Doyle, P. T.; Stockdale, C. R.; Wales, W. J.; Walker G. P.; Heard J. W. 2001. Limits to and optimising of milk production and composition from pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 13:9-17.
31. Edmonson, A. J.; Lean, I. J.; Weaver, L. D.; Farver, T.; Webster, G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 72:68-78.
32. Fajardo, M. 2013. Integración de pastura y dietas totalmente mezcladas en la alimentación de vacas Holando a inicio de lactancia. Tesis Magíster en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 56 p.
33. Fariña, S. R.; Chilibroste, P. 2019. Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: the case of farm systems in Uruguay (en línea). *Agricultural Systems*. 176:s.p. Consultado 6 ago. 2020. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.05.001>
34. Frossasco, G.; García, F.; Odorizzi, A.; Ferrer Martínez, J.; Brunetti, M. A.; Echevarría, A. 2015. Evaluación de distintos sistemas intensivos. (en línea). Córdoba, INTA. 10 p. Consultado abr. 2020. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_evaluacion\\_de\\_distintos\\_sistemas\\_lecheros\\_intensivos.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_evaluacion_de_distintos_sistemas_lecheros_intensivos.pdf)
35. Gallardo, M. R. 2006. Alimentación y composición química de la leche. (en línea). Rafaela, INTA. 10 p. Consultado may. 2020. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_bovina\\_de\\_leche/leche\\_subproductos/12-alimentacion\\_y\\_composicion\\_leche.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/leche_subproductos/12-alimentacion_y_composicion_leche.pdf)
36. García, S. C.; Holmes, C. W. 1999. Effects of time of calving on the productivity of pasture-based dairy systems: a review. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 42:347-362.
37. Gill, M. 1979. The principles and practice of feeding ruminants on complete diets. *Grass and Forage Science*. 34:155-161.
38. González, F. H. D. 2001. Composição bioquímica do leite e hormônios da lactação. In: González, F. H. D.; Dürr, J. W.; Fontaneli, R. S. eds. *Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de*

vacas leiteiras. Porto Alegre, Brasil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. pp. 5-22.

39. Guala, G.; Ortega, G.; Pelaez, D. 2013. Comportamiento productivo de vacas Holando en parición de otoño con y sin acceso al pastoreo durante los primeros 60 días de lactancia. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 71 p.
40. Hernández, R. R. 2003. Caracterización, diagnóstico y corrección de alteraciones en las características físico-químicas de la leche. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. La Habana, Cuba. Universidad Agraria de La Habana. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. 130 p.
41. INUMET (Instituto Uruguayo de Meteorología, UY). 2019. Estadísticas climatológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado jul. 2020. Disponible en <https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas>
42. Johnson, H. D.; Kibler, H. H.; Ragsdale A. C.; Berry, I. L.; Shanklin, M. D. 1961. Role of heat tolerance and production level in responses of lactating Holsteins to various temperature-humidity conditions. *Journal of Dairy Science*. 44:1123-1191.
43. \_\_\_\_\_. 1987. Bioclimates and livestock. In: Johnson, H. D. ed. *Bioclimatology and the adaptation of livestock*. St. Louis, MO, Elsevier. pp. 3-15.
44. Kolver, E. S.; Müller L. D. 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.
45. \_\_\_\_\_. 2003. Nutritional limitations to increased production on pasture-based systems. *Proceedings of the Nutrition Society*. 62:291-300.
46. Krall, E.; Bonnacarrere, L. M. 1997. Relación entre el estado corporal y la producción de leche y su composición. *Cangüé*. no. 11:2-6.
47. Laca, E. A.; Ungar, E. D.; Seligman, N.; Demment, M. W. 1992. Effects of sward height and bulk density on bite dimensions of cattle grazing homogeneous swards. *Grass and Forage Science*. 47:91-102.
48. Lager, J. R. 2006. Bienestar y salud animal en establecimientos lecheros. *Veterinaria Argentina*. 23 (223):190-202.

49. La Manna, A.; Román, L.; Bravo, R.; Aguilar, I. 2014. Estrés térmico en vacas lecheras: con sombra y bienestar las vacas producen más. *Revista INIA*. no. 39:34-39.
50. MGAP. DIEA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2000. *Estadísticas del sector lácteo 1998-1999*. Montevideo. 12 p.
51. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2019. *Anuario estadístico agropecuario 2019*. Montevideo. 255 p.
52. Meikle, A.; Kulcsar, M.; Chilliard, Y.; Febel, H.; Delavaud, C.; Cavestany, D.; Chilbroste, P. 2004. Effects of parity and body condition at parturition on endocrine and reproductive parameters of the cow. *Reproduction*. 127:727-737.
53. \_\_\_\_\_.; Adrien M. L.; Mattiauda, D. A.; Chilbroste P. 2013. Effects of sward condition on metabolic endocrinology during the early postpartum period in primiparous grazyn dairy cows and its association with productive and reproductive performance. *Animal Feed Science and Technology*. 186:139-147.
54. Mendoza, A.; Cajarville, C.; Repetto, J. L. 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. *In: Congreso Latinoamericano de Buiatría (15.º), Jornadas Uruguayas de Buiatría (39<sup>as.</sup>, 2011, Paysandú). Trabajos presentados*. Paysandú, CMVP. pp. 1-28.
55. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2016. Short communication: intake, milk production, and milk fatty acid profile of dairy cows fed diets combining fresh forage with a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 99:1938-1944.
56. NRC (National Research Council, US). 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7<sup>th</sup>. ed. Washington, D. C., National Academy Press. 381 p.
57. Ofner-Schröck, E.; Zähler, M.; Huber, G.; Guldemann, K.; Guggenberger, T.; Gasteiner, J. 2015. Compost barns for dairy cows aspects of animal welfare. *Journal of Animal Science*. 5:124-131.
58. Oldham, J. D.; Sutton, J. D. 1983. Composición de la leche y la vaca de alta producción. *In: Broster, W. H.; Swan, H. eds. Estrategias de*

alimentación para vacas lecheras de alta producción. México, AGT. pp. 85-108.

59. Pastorini, M.; Pomiés, N.; Cajarville, C.; Mendoza, A.; Aloy, E.; Bazzano, M.; Calvo, M.; Repetto, J. L. 2015. Combinación de ración totalmente mezcla y pastura fresca: efecto sobre la producción y composición de la leche en vacas lecheras. *In*: Jornadas Uruguayas de Buiatría (43<sup>as.</sup>, 2015, Paysandú, Uruguay). Trabajos presentados. Paysandú, CMVP. pp. 283-285.
60. Pendini, C. R. 2008. Notas sobre alimentación de la vaca lechera. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 127 p. Consultado jun. 2020. Disponible en <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/pleche/wp-content/uploads/sites/8/2016/05/notas-sobre-alimentacion-de-la-vaca-leche2008.pdf>
61. Pomiés, N. 2014. Combinación de diferentes niveles de forraje fresco y ración totalmente mezclada en dietas de vacas lecheras: efecto sobre el aprovechamiento digestivo. Tesis Magíster en Ciencias Veterinarias. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Veterinaria. 54 p.
62. Re, H. 2012. Respuestas productivas y salud relacionadas con el confort animal (barro y calor) y nutrición en rodeos lecheros. *In*: Jornadas Uruguayas de Buiatría (40<sup>as.</sup>, 2013, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, CMV. pp. 56-61.
63. Rearte, D. H. 1992. Alimentación y composición de la leche en los sistemas pastoriles. Balcarce, INTA. EEA. CERBAS. 94 p.
64. Salado, E. 2012. Estrategias de alimentación en sistemas lecheros: comparación de sistemas confinados vs. pastoriles (en línea). *In*: Congreso Panamericano de la Leche (12<sup>o.</sup>, 2012, Asunción, Paraguay). Trabajos presentados. Asunción, FEPALE. s.p. Consultado ene. 2020. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/281116569\\_Estrategias\\_de\\_alimentacion\\_en\\_sistemas\\_lecheros\\_comparacion\\_de\\_sistemas\\_confinados\\_vs.\\_pastoriles12\\_Congreso\\_Panamericano\\_de\\_la\\_Leche\\_Asuncion\\_Paraguay](https://www.researchgate.net/publication/281116569_Estrategias_de_alimentacion_en_sistemas_lecheros_comparacion_de_sistemas_confinados_vs._pastoriles12_Congreso_Panamericano_de_la_Leche_Asuncion_Paraguay)
65. Santos, J. E. P. 2002. Feeding for Milk Composition. *In*: International Congress on Bovine Medicine (6<sup>a.</sup>, 2002, Madrid, España). New veterinary challenges for the new millennium. Santiago de Compostela, España, ANEMBE. pp. 163-172.

66. Saravia, C.; Astigarraga, L.; Van Lier, E.; Bentancur, O. 2011. Impacto de las olas de calor en vacas lecheras en Salto (Uruguay). *Agrociencia (Uruguay)*. 15(1):93-101.
67. Soriano, F. D.; Polan, C. E.; Miller, C. N. 2001. Supplementing pasture to lactating Holsteins fed a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 84:2460-2468.
68. Sutton, J. D. 1989. Altering milk composition by feeding. *Journal of Dairy Science*. 72(10):2801-2814.
69. Tamminga, S.; Luteijn, P. A.; Meijer, R. G. M. 1997. Changes in composition and energy content of liveweight loss in dairy cows with time after parturition. *Livestock Production Science*. 52(1):31-38.
70. Thom, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise*. 12:57-59.
71. Vibart, R. 2006. Performance of Lactating Dairy Cows Fed Varying Levels of Total Mixed Ration and Pasture. PhD. Thesis. Raleigh, North Carolina, USA. North Carolina State University. Faculty of Animal Science and Poultry Science. 192 p.
72. \_\_\_\_\_; Fellner, V.; Burns, J. C.; Huntington, J. B.; Green, J. T. 2008. Performance of lactating dairy cows fed varying levels of total mixed ration and pasture. *Journal of Dairy Research*. 75:471-480.
73. Walker, G. P.; Dunshea, F. R.; Doyle, P. T. 2004. Effects of nutrition and management on the production and composition on milk fat and protein: a review. *Australian Journal of Agricultural Research*. 55:1009-1028.
74. Washburn, S. P.; White, S. L.; Green, J. T. Jr.; G. A. Benson. 2002. Reproduction, mastitis, and body condition of seasonally calved Holstein and Jersey cows in confinement or pasture systems. *Journal of Dairy Science*. 85:105-111.
75. West, J. W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 86(6):2131-2144.